

Oecon.
1821.ⁿ

Becon 1821 ⁿ₂

Vogster

Der
landwirthschaftliche Pflanzenwechsel
nach
seinen physischen Grundlagen

erörtert vom

practisch-wissenschaftlichen Standpuncte aus.

Ein Programm zur 55. Jahresfeier der k. Württ. land- und
forstwirthschaftlichen Academie Hohenheim

von

O. Vossler,

Professor der Landwirthschaft.

Stuttgart 1873.

Verlag von Schickhardt & Ebner.

Landwirthschaftliche Pflanzenwechsel

Vorwort.

Im Titel der vorliegenden Schrift wurde die Bezeichnung „Pflanzenwechsel“ dem sonst gebräuchlichen Worte Fruchtwechsel vorgezogen, um von vornherein die Vermuthung auszuheben, als ob es sich mit der Fruchtwechselwirtschaft um einen Handel handle. Es sollen lediglich die landwirthschaftlichen Praxisgründe abgehandelt werden. Die landwirthschaftliche Fruchtwechselwirtschaft ist eine Wissenschaft, die die Einwirkung von Fruchtwechseln auf die landwirthschaftlichen Einzelheiten des Anbaus von Pflanzen und Thieren berührt. Die landwirthschaftliche Fruchtwechselwirtschaft ist eine Wissenschaft, die die Einwirkung von Fruchtwechseln auf die landwirthschaftlichen Einzelheiten des Anbaus von Pflanzen und Thieren berührt.



O. Vossler

Veröffentlicht im November 1878

O. Vossler

Stuttgart 1878

Vorwort.

Im Titel der vorliegenden Schrift wurde die Bezeichnung „Pflanzenwechsel“ dem sonst gebräuchlichen Worte Fruchtwechsel vorgezogen, um von vornherein die Vermuthung auszuschliessen, als ob es sich um die Betrachtung von Fruchtwechselsystemen handelte. Es sollen lediglich die allgemeinen physischen Momente behandelt werden, auf welchen die in der landwirthschaftlichen Praxis geübte Abwechslung im Anbau der Culturpflanzen beruht. Die Erörterung von wirthschaftlichen Verhältnissen und technischen Einzelheiten des Anbaus, von welchen ausserdem die Einrichtung von Fruchtfolgen abhängt, bleibt ganz auf der Seite.

Hohenheim im November 1873.

O. Vossler.

Vorwort.

Inhalt.

I. Das Verhalten der Pflanzen zum Boden	Seite 3
II. Das Verhalten der Pflanzen zur Luft	„ 46
III. Die Bodenbeschattung	98
IV. Das Aufeinanderfolgen der Culturpflanzen	„ 105

O. Vossler.

Es ist eine altbekannte Erfahrung in der Landwirthschaft, dass die Erträge des Bodens in hohem Grade von einer bestimmten Reihenfolge des Anbaus der verschiedenen Pflanzen beeinflusst werden. Wenn auf einem Acker von guter, mittlerer Fruchtbarkeit eine und dieselbe oder ähnliche Pflanzen eine Reihe von Jahren nacheinander angebaut werden, so zeigt sich derselbe in kurzer Zeit weniger fähig und sehr bald untauglich, von jenen Pflanzen ohne Düngung weiter noch befriedigende Erträge zu gewähren, während der nämliche Acker, abwechselnd mit verschiedenen, ihrer Natur nach von einander abweichenden Pflanzen bebaut, längere Zeit ganz zufriedenstellende Ernten liefert und erst später eine Düngung erfordert. Es scheint, dass der Anbau verschiedenartiger Culturpflanzen, welche den Boden in verschiedener Weise in Anspruch nehmen, den Eintritt der Erschöpfung und die Nothwendigkeit der Düngung um eine bestimmte Zeit weiter hinauszuschieben vermag. Bekanntlich beruhen auf diesen Thatsachen die Anbausysteme der sogenannten Wechselwirthschaft, deren Princip im Wesentlichen ist, den Boden abwechselnd mit verschiedenartigen Pflanzen anzubauen, und deren Vortheil im Allgemeinen darin besteht, in der Regel höhere und sicherere Erträge hervorzubringen, als die Systeme der Felderwirthschaft.

Auf der anderen Seite haben wir aber genug Beispiele, dass auf sehr fruchtbaren Böden lange Zeit hindurch, nachweislich an einzelnen Orten seit Jahrhunderten, ohne alle Düngung nicht blos verschiedene, sondern sogar dieselben Pflanzen alljährlich mit gutem Erfolg angebaut wurden. In mehreren hundert Jahren ist hier selbst bei dem fortgesetzten Anbau der gleichen Pflanze eine Erschöpfung des Bodens nicht eingetreten, und sein Ertragsvermögen nach wie vor anscheinend dasselbe geblieben. Viele andere Böden aber von scheinbar gleichfalls unerschöpflicher Fruchtbarkeit sind bei diesem Verfahren in verhältnissmässig kurzer Zeit vor unseren Augen (Virginien) erschöpft worden und in das Stadium der Ertragsabnahme eingetreten, wo ein Aufwand an Dünger für die Erzielung befriedigender Erträge nothwendig wird. Solche Böden befinden sich dann in der gleichen Lage, wie jene ersten von mittlerer Fruchtbarkeit, bei denen eine Abwechslung der angebauten Früchte sich so sehr von Vorthail gezeigt hat. Wir können mit Sicherheit annehmen, dass auch die bis jetzt nicht erschöpften Böden früher oder später durch die Wegnahme ihrer Ernten werden erschöpft werden, weil eben in jedem Boden die Menge der Pflanzennährstoffe eine begrenzte ist. Die Erschöpfung ist auf allen Böden die nothwendige Folge des Raubbaus, deren Eintritt von der ursprünglichen natürlichen Fruchtbarkeit des Bodens und von der Art und Häufigkeit des Anbaus abhängt. Von dem Zeitpunkte an, wo die Abnahme der Erträge eintritt, wird auf jedem Boden ein der Abnahme entsprechender Aufwand von Dünger nothwendig und das Zu-Rathehalten desselben eine unabweisliche wirtschaftliche Forderung. In der zweckmässigen Abwechslung des Anbaus mit Pflanzen, welche den Boden in verschiedener Weise in Anspruch nehmen, besitzen wir erfahrungsmässig ein wirksames Mittel, um den Boden und Dünger besser auszunützen, und erringen damit einen grossen gewerblichen

Vortheil, welchen die überwiegende Mehrzahl unserer Wirthschaften nicht leicht entbehren kann. — Die physichen Ursachen, welche dieser Eigenthümlichkeit des Pflanzenwechsels zu Grunde liegen, sind gerade in neuester Zeit so lebhaft erörtert worden, dass es nicht ungerechtfertigt erscheinen dürfte, dieses Thema in seinen wichtigeren Momenten vom praktisch-wissenschaftlichen Standpunkte aus zu behandeln. —

Offenbar liegen die physichen Ursachen der Vortheilhaftigkeit des Pflanzenwechsels in dem verschiedenen Verhalten der Pflanzen zu den beiden Quellen ihrer Nahrung, (I.) dem Boden und (II.) der Luft, sowie in dem verschiedenen Einfluss, welchen sie auf (III.) den physikalischen Zustand und die Reinheit des Bodens ausüben. Hievon hängen dann die Bedingungen ab, unter welchen die nachfolgenden Pflanzen für ihr Gedeihen sich befinden werden, und (IV.) die Gründe, wie das letztere zu beurtheilen ist. Wir werden die Ursachen der Reihe nach erörtern und hienach das Gedeihen der verschiedenen Pflanzen nach einander zu begründen versuchen.

I.

Der Ertrag einer Culturpflanze beruht auf dem Vermögen, durch Wurzeln und Blätter aufnahmefähige Pflanzennährstoffe des Bodens und der Luft sich anzueignen und daraus organische Substanz zu erzeugen. Die Verschiedenheit der Culturpflanzen besteht darin, dass sie alsolut und relativ verschiedene Mengen der gleichen, allen gemeinsamen Nährstoffe dem Boden und der Luft entnehmen, und unter verschiedenen physikalischen Zuständen des Bodens, welche sie zu ihrem Gedeihen erfordern, entsprechend nicht bloß überhaupt verschiedene Ertragsgrößen an organischer Materie, sondern auch einzelne Qualitäten derselben in verschiedener Menge hervor-

bringen. Das letztere Verhältniss, welches zuerst besprochen werden soll, die vorzugsweise Erzeugung einzelner Qualitäten von organischer Materie, scheint abzuhängen von der Aufnahme grösserer Mengen einzelner fixer, in der Asche vorherrschender Pflanzennährstoffe, mit welchen entsprechende Mengen atmosphärischer Nährstoffe, von denen später die Rede sein soll, zusammenwirken. Wir haben Gründe anzunehmen, dass den verschiedenen fixen Nährstoffen bestimmte Functionen im Ernährungsprozesse zufallen und nehmen keinen Anstand, das constante, gleichzeitige Vorkommen grösserer Mengen Einzelner in der Asche mit der Erzeugung und Anhäufung gewisser organischer Materien in bestimmten Pflanzentheilen in gegenseitige Beziehung zu bringen, wenn wir auch für jetzt noch wenig im Stande sind, den Zusammenhang beider Erscheinungen physiologisch zu verstehen. Für das Bedürfniss des Landwirths genügt es vorläufig, das sehr häufige Zusammentreffen beider That-sachen constatirt und die Mehrzahl der Culturpflanzen hienach bestimmt genug charakterisirt zu wissen, um seine Massnahmen für die Erzeugung bestimmter Qualitäten von organischer Materie zu treffen. Man begegnet hier freilich der Schwierigkeit, dass die Zusammensetzung der Aschen auf verschiedenen und denselben Bodenarten gewachsener Pflanzen hinsichtlich der Mengenverhältnisse der einzelnen Nährstoffe äusserst schwankend ist, was manchmal noch schwieriger dadurch wird, dass die Pflanzen unter Umständen auch grössere Mengen von Nährstoffen aufnehmen, als zur Erzeugung einer bestimmten Menge und Qualität von organischer Substanz unbedingt nothwendig ist; allein trotzdem gibt uns die grosse Menge der bis jetzt untersuchten, unter den verschiedensten Verhältnissen gewachsenen Pflanzen, Dank den Bemühungen zahlreicher verdienter Forscher, hinreichend feste Durchschnittsver-

hältnisse*), um sie als praktische Anhaltspunkte zu benützen. — Am meisten erwiesen sind die Beziehungen der Proteinstoffe oder ihres Stickstoffs zu den phosphorsauren Salzen. Es ist sogar gelungen, nahezu constante Zahlenverhältnisse zwischen beiden Substanzen aufzufinden. Die Proteinstoffe sind stets begleitet von phosphorsauren Salzen und Beide überall da in grösseren Mengen beisammen zu finden, wo eine hervorragende Bildungsthätigkeit in der Pflanze bemerkt wird. Die Gegenwart Beider ist unerlässlich für den Bildungs- und Gestaltungsprozess der Zellen und verschiedenen Pflanzentheile aus stickstofffreier organischer Substanz. Ohne selbst geformte Pflanzentheile auszumachen oder mit ihrer Substanz an der Formgestaltung Theil zu nehmen, verhalten sie sich lediglich mitwirkend bei diesem Prozess und wandern, gleichsam wie ein flüssiges Agens, immer von Neuem weiter zu den Orten junger Wachsthumsthätigkeit, um schliesslich zum grössten Theil im Samen zu gleichen Zwecken, nämlich für die künftige Entwicklung der Keimpflanze, aufgespeichert zu werden. In bemerkenswerthem Gegensatze zu den Pflanzen werden die Proteinstoffe bei den Thieren zu dem formbildenden, plastischen Elemente des thierischen Körpers. Das Zusammenwirken jener beiden Substanzen ist gleich nothwendig für das Wachsthum und die Gestaltung aller Pflanzen und ihrer sämtlichen Theile ohne Ausnahme, ihre Funktion also eine ganz allgemeine, keinen besonderen Zwecken dienende. Da sie jedoch gegenüber von anderen Pflanzentheilen namentlich in den Samen eine erheblichere Anhäufung erfahren, da ferner die Erzeugung von Körnern ein Hauptziel der landwirthschaftlichen Production bildet, so kann man jenen Sub-

*) Es sind hier natürlich solche Untersuchungen gemeint, welche sich auf die organischen sowohl, als die unorganischen Bestandtheile der Pflanzen beziehen.

stanzen in landwirthschaftlichem Sinne für die Körner-
erzeugung eine vorzugsweise Bedeutung vindiciren, ohne
eine solche für irgend eine Gattung von Culturpflanzen
besonders in Anspruch nehmen zu wollen.

Weniger bestimmt sind die Beziehungen des Kalis zur
Gruppe der Kohlenhydrate, des Stärkmehls, Zuckers,
Gummis und der Zellfaser, wenigstens konnte man eine con-
stante Proportion Beider bis jetzt noch nicht auffinden. Man
hat jedoch beobachtet, dass Kalisalze nicht blos in denjeni-
gen Geweben hauptsächlich sich vorfinden, welchen speziell
die Wanderung der Kohlenhydrate im Pflanzenkörper zuge-
wiesen ist, sondern auch dass beide Substanzen in allen
Pflanzentheilen einander beständig begleiten und Kalisalze
namentlich in denselben Organen und zu derselben Zeit sich
vermehrten, wo eine Anhäufung von Zucker oder Stärkemehl
stattfindet, so fällt z. B. die Zeit der lebhaftesten Kali-Ein-
wanderung in die Kartoffelknolle und den Rübenkörper
zusammen mit der thätigsten Anhäufung von Stärke und
Zucker auch für den Uebergang organischer Säuren in
Zucker in süssen Früchten sind die Alkalien unzwei-
felhaft von Bedeutung. Nach den Nobbe'schen Untersu-
chungen über die organische Leistung des Kaliums scheint
dieses direct bei der Bildung von Stärke in den Chlorophyll-
körnern, sowie bei deren Fortleitung zu den wachsenden
Pflanzentheilen betheiligt zu sein und überhaupt auf seiner
Gegenwart das energische Wachsthum eines Pflanzentheils zu
beruhen. Bekanntlich sind es die Kohlenhydrate, welche unter
der Mitwirkung von Kalisalzen die formbildende Substanz der
Zelle, die Zellfaser liefern. Daher sind diese Salze durch die
ganze Pflanze fast gleichmässig verbreitet und haupt-
sächlich in solchen Organen vorübergehend als Material
zugleich mit Kohlenhydraten angehäuft, von denen aus
die Weiterführung eines unterbrochenen Vegetationsprozesses

erfolgen soll: in den Wurzeln und Knollen der Rüben und Kartoffeln*) ist bis Ende des Jahres eine Anhäufung von Zucker und Stärke nebst Kalisalzen zu Stande gekommen, um im nächsten Jahre zum Weiterwachsthum verwendet zu werden. Bei Lein hat man in Folge von Kalidüngung vermehrtes Stengelwachsthum und grössere Ausbeute an Faser, bei Tabak vermehrte Blattbildung und bei Kartoffeln und Rüben unter gewissen Umständen eine Vermehrung von Stärke und Zucker beobachtet. Wenn nun auch das Kali den allgemeinen Zwecken der Bildung von Kohlenhydraten für das Wachsthum und die Formgestaltung des Pflanzenkörpers dient, so kann man dasselbe doch in landwirthschaftlichem Sinne als charakteristisch jedenfalls für solche Pflanzen ansprechen, bei welchen in einzelnen Organen grössere Mengen von Kalisalzen, begleitet von Stärke, Zucker etc., angehäuft werden, als bei anderen Pflanzen. Man kann daher in diesem Sinne von Kalipflanzen reden, als welche wir die verschiedenen Wurzel- und Knollengewächse in erster Linie bezeichnen. Da das Kali in ähnlichen Beziehungen auch zu den Fetten der Oelsaaten zu stehen scheint, überhaupt Fette und Kohlenhydrate im Lebensprozesse leicht in einander übergehen, so rechnen wir auch den Raps, Mohn, Lein und Hanf und endlich den Hopfen zu den Kalipflanzen. In den Aschen aller dieser Pflanzen macht Kali den vorherrschenden Bestandtheil aus.

Viel weniger deutlich als beim Kali sind die Beziehungen des Kalks zur Bildung der organischen Substanz. Thatsache ist nur soviel, dass die Blätter der sogenannten Blatt-

*) Wir betrachten die Kartoffel in unserem Klima als einjährige Pflanze, weil sie den Winter im Freien nicht aushält und jedes Jahr von Neuem ausgelegt werden muss. In ihrer Heimath aber, wo sie den Winter über im Boden verbleibt, kann die Kartoffel als perennirend angesehen werden.

pflanzen sehr kalkreich sind und mit dem Alter eine progressive Zunahme an Kalk zeigen, während in Stengeln und Samen sich viel geringere Mengen vorfinden. Eine deutliche Wanderung hat man beim Kalk nicht wahrgenommen, er findet sich von Anfang bis Ende der Vegetation hauptsächlich in den Blättern. Dieses constante und dauernde Vorkommen grösserer Mengen von Kalk in den Blättern jener Pflanzen deutet ohne Zweifel auf wichtige Funktionen beim Assimilationsprozesse hin, von denen wir aber keine genauere Vorstellung haben. Wir müssen uns daher begnügen, für landwirthschaftliche Zwecke lediglich vom Vorherrschen des Bestandtheils Kalk in der Asche ausgehend, alle so beschaffenen Pflanzen Kalkpflanzen zu nennen. Bei allen Kleearten überwiegt im Zustande der Mähereife, um welchen es sich bei diesen Futterpflanzen handelt, der Kalk in der Asche der ganzen Pflanze und ganz besonders in der der Blätter. Bei den reifen Hülsenfrüchten übertrifft in den Samen ohne Ausnahme das Kali den Kalk, im Stroh aber mit Ausnahme der Ackerbohnen der Kalk das Kali. Da jedoch bei der Mehrzahl der Hülsenfrüchte in dem mittleren Ertrag einer bestimmten Fläche in Körnern und Stroh zusammen der Gehalt an Kalk grösser ist als an Kali, so zählen wir neben den Kleearten auch die Hülsenfrüchte zu den Kalkpflanzen. Ebenso ist auch der Tabak hierher zu rechnen.

Die Bittererde tritt in Beziehung auf ihre Menge in fast allen Pflanzenaschen sehr zurück gegen die seit her betrachteten Aschenbestandtheile; sie scheint so ziemlich parallel mit der Phosphorsäure und den Proteinstoffen zu gehen und gewissermassen mit der Körnerbildung in Beziehung zu stehen, ohne dass wir ihr aber eine besondere Rolle zuzutheilen wüssten. Das Natron, Chlor, der Schwefel und das Eisen sind ebenfalls theils zu wenig gekannt in ihrer physiologischen Bedeutung, theils auch in zu geringen

Mengen in den Aschen enthalten, als dass wir ihnen hier eine weitere Beachtung schenken könnten.

Die Kieselsäure spielt nach unserer heutigen Erkenntniss wohl nur als Begleiter gewisser Nährstoffe eine nicht ganz klare Rolle. Es ist bekannt, dass man Getreidearten ohne alle Zufuhr von Kieselsäure durchaus normal erzogen hat. Da aber einmal für Gräser und Getreidearten die Kieselsäure der Asche durch bedeutendes Ueberwiegen über die anderen Nährstoffe jedenfalls charakteristisch wird, so dürfte es gerechtfertigt sein, jene Pflanzen als Kieselpflanzen zu bezeichnen. Bei den Samen ist es die Phosphorsäure, beim Stroh und den Futtergräsern das Kali, welche den grössten Bestandtheil der Asche ausmachen; bei Ersteren steht das Kali, bei Letzteren die Phosphorsäure in zweiter Linie.

So lassen sich von unserem Gesichtspunkte aus die Culturpflanzen in dieselben Gruppen bringen, welche bekanntlich Liebig gebildet hat, indem er von der Löslichkeit der Aschen in Wasser und Säuren ausgieng. Es ist damit zugleich auch ihrer ökonomischen Bedeutung Rechnung getragen. Zu den Kalipflanzen zählen die Kartoffeln, Rübenarten, der Lein, Raps und Hopfen, zu den Kalkpflanzen die Kleearten, Hülsenfrüchte, Tabak, und zu den Kieselpflanzen die Getreidearten und Gräser. Freilich ist diese Gruppierung weder ausnahmslos zutreffend, noch ihrer physiologischen Berechtigung nach ganz befriedigend, allein es soll damit mehr praktischen Gesichtspunkten gedient und nur soviel bezweckt sein, dass die Culturpflanzen in Gruppen geordnet sind, in welchen ihre Productionsrichtung und zugleich das besondere Bedürfniss an einzelnen Aschenbestandtheilen, respective die vorzugsweise Ausbeutung des Bodens kurz und bündig zum Ausdrucke gebracht ist. Für den weiteren Gebrauch sind natürlich auch die übrigen Nährstoffe, mit denen jene zur Production zusammenwir-

ken, in's Auge zu fassen und unter diesen wieder Einzelne in erste und zweite Linie zu stellen. So bedürfen die Kalipflanzen ausser dem Kali grössere Mengen an Phosphorsäure, die Kalkpflanzen nächst dem Kalk an Kali und Phosphorsäure und endlich die Kieselpflanzen an Phosphorsäure und Kali, je nach ihrer Nutzung den einen oder anderen Bestandtheil in erster oder zweiter Linie. —

Das andere Eingangs zuerst bezeichnete unterschiedliche Verhalten der Culturpflanzen, wornach sie überhaupt verschiedene Ertragsgrössen an organischer Substanz, abgesehen von der Qualität, hervorbringen, scheint auf der Aufnahme verschiedener, absolut grosser Mengen von fixen Nährstoffen zu beruhen, welche mit entsprechenden Mengen atmosphärischer Nährstoffe zusammenwirken. Vergleicht man die absoluten Aschenmengen der Pflanzen mit den Trockensubstanzmengen, welche sie in ihren Erträgen auf einer bestimmten Fläche erzeugen, so scheinen Beide nicht blos bei einer und derselben Pflanze, sondern auch bei den verschiedenen Pflanzen in Beziehung zu stehen. Es zeigt sich nämlich, dass üppigere Pflanzen derselben Art einen grösseren Aschengehalt besitzen, als magere, und weiter, dass diejenigen Pflanzen, welche die grössten Mengen von Trockensubstanz überhaupt hervorbringen, auch die absolut grössten Aschenmengen dem Boden entziehen. Es versteht sich, dass die relativ grössten Mengen einzelner Nährstoffe in den Aschen, wornach wir die Pflanzen in Kali-, Kalk- und Kieselpflanzen eingetheilt haben, zugleich die absolut grössten Mengen jener Nährstoffe sind, welche von den Betreffenden unter allen übrigen Pflanzen dem Boden entzogen werden. So wird der Boden an Kali unter allen Pflanzen absolut am meisten durch die Kalipflanzen, an Kalk durch die Kalkpflanzen u. s. w. erschöpft. Die absolut grösste Erschöpfung an Phosphorsäure trifft im Allgemeinen mit

der grössten Erzeugung von Samensubstanz zusammen. Hiernach könnte man glauben, dass es keine besonderen Schwierigkeiten hätte, die einzelnen Culturpflanzen oder wenigstens Gruppen derselben, wie nach der Art, so auch nach der Menge ihrer Aschenbestandtheile zu charakterisiren, um so mehr als wir in den bekannten „Aschenanalysen“ von E. v. Wolff Durchschnittszahlen erlangt haben, die aus allen bis dahin gemachten Analysen von Pflanzen und Pflanzentheilen, also aus einer ziemlich grossen Anzahl von Einzelanalysen, berechnet sind. Diese Durchschnittszahlen reichen aber weit eher aus, um der Qualität nach die vorherrschenden Aschenbestandtheile der verschiedenen Pflanzen zu erkennen, als um auch die charakteristischen absoluten Mengen der Nährstoffe der Pflanzen daraus zu entnehmen. Wir wissen nämlich aus den bekannten Hellriegel'schen Versuchen dass nur Ein festes, übrigens noch unbekanntes, absolutes und relatives Mengeverhältniss des Zusammenwirkens der sämtlichen Nährstoffe für jede Pflanze besteht, in welchem das Maximum an organischer Substanz producirt wird; wir wissen aber auch, dass es unzählige andere, grössere und kleinere Verhältnisse gibt, in welchen die Pflanzen gleichfalls, wenn auch weniger, produciren können. Die Pflanzen haben ein grosses Vermögen, in ihrer Production nach den im Boden gegebenen Nährstoffmengen sich einzurichten und bekanntlich regulirt immer der im Minimum vorhandene Nährstoff das Verhältniss, in welchem Alle zu einer bestimmten Production zusammenwirken, selbst wenn unter Umständen grössere Mengen Einzelner Nährstoffe, als nöthig, aufgenommen werden. Die meisten Bodenarten, welche landwirthschaftlich benützt werden, vermögen fast alle Culturpflanzen zu tragen, aber die Grösse des Ertrags ist unendlich verschieden nach der verschiedenen Menge der vorhandenen Nährstoffe, ganz abgesehen von anderen wichti-

gen Factoren, welche ebenso die Erträge beeinflussen. Die Schwankungen der Aschenmengen derselben Pflanze, die auf verschiedenem und selbst demselben Boden gewachsen ist, sind oft ausserordentlich gross. So begreift es sich, dass wir für unsere Absicht, aus den genannten Aschenanalysen den charakteristischen absoluten Bedarf der verschiedenen Pflanzen an Aschenbestandtheilen zu entnehmen, für jetzt nur in der Art Nutzen ziehen können, dass wir die absoluten Aschenmengen, welche jene Analysen angeben, als solche annehmen, die den Durchschnitt einer grossen Anzahl von Fällen repräsentiren und vielleicht als für ein mittleres, durchschnittliches Gedeihen wenigstens geltend angesehen werden können. Man kann nur so viel über die absoluten Aschenmengen sagen, dass sie äusserst schwankend sind, im Allgemeinen mit den Trockensubstanzmengen, d. h. mit den Erträgen wachsen und dass mit ihnen gewöhnlich auch die relativen Mengen der einzelnen Nährstoffe, wenn auch nicht immer in den gleichen Verhältnissen grösser werden. Wir haben immerhin ein ungefähres Bild bekommen von der Qualität und Quantität der Aschenbestandtheile, welche die Culturpflanzen gewöhnlich enthalten und dem Boden entziehen, und jedenfalls schätzbare Anhaltspunkte gewonnen für die Aufeinanderfolge der Pflanzen, für die Erschöpfung und die Düngung, welche wir dem Boden unter Umständen zu geben haben. — Da hienach die Pflanzen den Boden an Nährstoffen absolut und relativ in verschiedenem Grade erschöpfen, so leuchtet ein, dass zwei Pflanzen um so eher, ohne dem Boden sofort wieder Ersatz oder Düngung zu geben, mit Nutzen auf einander folgen können, je grösser ihre Verschiedenheit in Beziehung auf Art und Menge der entzogenen Nährstoffe ist, also Kieselpflanzen auf Kalkpflanzen und diese auf Kalipflanzen u. s. w. leicht folgen können, wäh-

rend gleichartig den Boden erschöpfende Pflanzen, auf einander folgend, meistens schwieriger gedeihen. Ebenso ist klar, dass wenn nach Art und Menge der Nährstoffe die Erschöpfung jedesmal sofort durch entsprechende Düngung beseitigt wird, in den meisten Fällen, wie auch die Erfahrung lehrt, gleichartige Pflanzen und sogar dieselben andauernd auf einander folgen können. —

Der Grad der Erschöpfung, d. h. die Menge der Nährstoffe, welche eine Pflanze überhaupt dem Boden entzieht, ist speziell in hohem Grade abhängig von dem Vegetationsstadium, in welchem die Aberntung stattfindet, von der kürzeren oder längeren Vegetationsperiode, von der Grösse der thätigen Wurzeloberfläche und der Thätigkeit der Wurzeln hinsichtlich der Aufnahme von Nährstoffen. Es ist begreiflich, dass es für die Erkenntniss der Natur der Erschöpfung nicht vollständig ausreicht, den Effect der Ausbeutung des Bodens durch eine Pflanze in der absoluten und relativen Menge der entzogenen Nährstoffe zu kennen, sondern dass auch die Kenntniss von der Art und Zeit, wie und in welcher dieselbe zu Stande kommt, für die Beurtheilung der verschiedenen Pflanzen von Wichtigkeit ist. Die ökonomische Natur der einzelnen Pflanzen, ihre Unterschiede und gegenseitiges Verhalten beim Aufeinanderfolgen sind in hohem Grade hiedurch bestimmt.

Für die Beurtheilung des Einflusses der Erntezeit auf den Grad der Erschöpfung des Bodens kommen zwei Momente in Betracht: erstens, dass zur Körnerbildung von den drei Nährstoffen Phosphorsäure, Bittererde und Kali die beiden ersteren auch nach der Blüthe noch in erheblichen Mengen aufgenommen werden, und daher der Boden an diesen Substanzen um Vieles mehr von der reifen Pflanze erschöpft wird, als von der grünen; dass zweitens nach der Blüthe eine lebhafte Wanderung der bereits auf-

genommenen samenbildenden Nährstoffe von sämtlichen Organen aus nach den Fruchtheilen sich vollzieht, so dass bei der grün abgemähten Pflanze dem Boden ein grösserer Theil jener Nährstoffe in den Wurzelrückständen verbleibt, welche bei der reifen Pflanze fast ganz erschöpft werden. Mehrjährige und perennirende Futterpflanzen, die jährlich in den Wurzeln neues Bildungsmaterial für die nächste Jahresvegetation ansammeln, die unvollendet, in grünem Zustande hinweggenommen wird, behalten in denselben einen Theil der dem Boden entzogenen Nährstoffe zurück und häufen diese jährlichen Beträge mehr und mehr an. In den jährlichen grünen Ernten dieser Pflanzen wird immer nur derjenige Theil der Mineralstoffe weggenommen, welcher der jedesmaligen Blatt- und Stengelentwicklung gedient hat, und dieser Theil ist um so kleiner, je früher das Abmähen erfolgt, je weiter die Entwicklung der Pflanze hinter der Blüthen- und Samenbildung noch zurück ist. Erst wenn die Pflanze zum Samentragen kommt, wird die Wurzel und damit der Boden mittelbar und unmittelbar in höherem Grade erschöpft an den für die Samenbildung dienenden Mineralstoffen. In der Regel ist dann mit dem Samentragen die Vegetation beendet (Rüben) oder dauert sie, gewöhnlich mehr oder weniger geschwächt, noch weiter fort (Luzerne, Wiesengräser). In den grün geernteten einjährigen, noch mehr in den mehrjährigen und perennirenden Pflanzen besitzt man daher ausgiebige Mittel, den Boden überhaupt und ganz besonders an samenbildenden Nährstoffen zu schonen. In den Körnerernten wird eine concentrirtere, an diesen wichtigsten Nährstoffen reichere Nährsubstanz gewonnen, die unmittelbar auch von Fleischfressern zu Blutbestandtheilen verwendbar ist, in dem grünen Futter dagegen eine voluminösere, an jenen Mineralstoffen ärmere Substanz, die der Pflanzenfresser erst

durch Umwandlung in sein Fleisch und Blut dem Fleischfresser zugänglich macht. Der Einfluss des Klees, der Luzerne, der Wiesengräser und aller grün geernteten Pflanzen auf den Vorrath des Bodens an Nährstoffen gegenüber dem der körnertragenden Getreidearten und Hülsenfrüchte, ebenso der Unterschied zwischen einer Rübenwurzel- und Samen-ernte u. s. w. ist zum grossen Theil in diesen Verhältnissen begründet.

Unter den Pflanzen einer jeden der Gruppen, die wir gebildet haben, bestehen sodann hinsichtlich der Quantität der in einer bestimmten Zeit aufgenommenen Nährstoffe wichtige Unterschiede, welche in der verschiedenen Dauer ihrer Vegetationsperiode, in der Grösse und Thätigkeit der Nährstoffe aufnehmenden Wurzeloberfläche, sowie in dem Verhältniss dieser beiden Momente zu einander begründet sind. Für die Menge der Nährstoffe, welche die Pflanzen bedürfen und für sie disponibel sein, eventuell dem Boden gegeben werden müssen, macht es einen grossen Unterschied, ob sie kürzer oder länger vegetiren. Da eine Pflanze, wenn sie in wirthschaftlichem Sinne gedeihen soll, in jedem Augenblick ihres Lebens eine genügende Menge von Nährstoffen disponibel vorfinden muss, um keinen Theil von der Lebenszeit, die ihr zugemessen, in ungenügender Thätigkeit zu verbringen, so braucht die kurz vegetirende zur Production der gleichen Pflanzenmasse in der Zeiteinheit einen grösseren disponiblen Vorrath an Nährstoffen, als die länger vegetirende. Es wird die kürzer lebende Pflanze wirthschaftlich nicht gedeihen, wenn der Boden allmählig, erst während der Vegetation durch langsame Verwitterung die nöthigen Nährstoffe liefert, was die länger vegetirende unter Umständen abwarten kann. In derselben Zeit braucht die halb so lange, als eine andere, vegetirende Pflanze zur gleichen Production gerade noch einmal so viel disponible

Nährstoffe, der Boden wird um so viel früher erschöpft und ein Ersatz um so baldernothwendig, oder aber, wenn nicht so viele Nährstoffe vorhanden sind, wird eben weniger producirt. Es sind desshalb z. B. die Sommerfrüchte derselben Getreideart erschöpfender, als die Winterfrüchte. Aus demselben Grunde nehmen die Stoppelfrüchte den Boden so sehr in Anspruch, zumal noch, wenn sie samentragend sind.

In derselben Richtung übt auch die Grösse der Nährstoff aufnehmenden Wurzeloberfläche ihren Einfluss auf den Boden aus. Wenn man vorerst die Aufnahmefähigkeit der Wurzeln bei den verschiedenen Pflanzen als gleich gross, und den Effect derselben nur von der Grösse der Wurzeloberfläche abhängig annimmt, so nehmen, sofern ein hinreichender Nährstoffvorrath des Bodens vorhanden ist, bei gleicher Vegetationsdauer die Pflanzen mit einfacher Wurzeloberfläche nur halb so viel auf, als die mit doppelter, werden aber auch nur halb so viel produciren, — während sie für dieselbe Production die doppelte Menge von disponiblen Nährstoffen verlangen. Es werden diese daher auf nährstoffärmerem Boden geringere Erträge liefern, als jene, ebenso wie die kürzer vegetirende Pflanze gegenüber der länger vegetirenden. Wenn dann kurze Vegetationszeit und kleine Wurzeloberfläche zusammentreffen, haben wir mit sehr anspruchsvollen Pflanzen zu thun (Lein), die nur auf Böden mit vielen disponiblen Nährstoffen zu wachsen vermögen und sie, zwar weniger für andere Pflanzen, als für sich selbst, in hohem Grade erschöpfen. Wo dagegen lange Vegetationszeit und grosse Wurzeloberfläche sich vereinigen, begnügt sich eine Pflanze auch mit wenigen disponiblen Nährstoffen, erschöpft den Boden in höherem Grade für sich selbst, aber nicht so für andere Pflanzen (Luzerne). Andererseits stimmt grosse Wurzeloberfläche die Ansprüche der

kurz vegetirenden Pflanze herab (Lupine), während kleine Oberfläche der Wurzeln den Vorthail der längeren Vegetationsperiode vermindert (Rüben). Leider ist uns von den Wurzeloberflächen unserer Culturpflanzen zu wenig bekannt, als dass wir versuchen könnten, sie von diesem Gesichtspunkte aus in Gruppen zu bringen. Es trifft auch ohne Zweifel die oben gemachte Voraussetzung einer gleichen Aufnahmefähigkeit der Wurzeln verschiedener Pflanzen nicht zu. Wir haben aber hier ebenso wenig Anhaltspunkte, als über die Grösse der Wurzeloberflächen und wissen auch nicht, ob grosse Wurzeloberfläche und grosse Aufnahmefähigkeit der einzelnen Fasern nothwendig zusammengehen. Von einigen Pflanzen muss man jedoch annehmen, dass sie eine den Boden direct aufschliessende Wurzelthätigkeit ausüben, die nicht blos ihnen selbst, sondern auch den nachfolgenden Pflanzen zu Gute kommt, welchen sie lösliche Nährstoffe gleichsam zubereiten. Wenn solche Pflanzen das Gestein oder unverwitterte Bodenbestandtheile durch Säureausscheidung Seitens ihrer Wurzeln angreifen und chemisch gebundene Nährstoffe zur Auflösung bringen, so wird damit überhaupt der Bestand der unverwitterten Boden- oder Gesteinstheile gelockert, ihr Zerfall eingeleitet und eine weitergehende Löslichwerdung von Nährstoffen bewirkt. Mittelbar entsteht eine ähnliche Wirkung besonders bei solchen Pflanzen, die viele organische Reste im Boden zurücklassen und ohne Zweifel haben in beiden Richtungen manche perennirenden Pflanzen eine bedeutende Einwirkung auf den Boden (Esparsette, Luzerne, Wiesengräser).*) —

*) Gelegentlich sei hier bemerkt, dass die Ansicht Decandolle's, nach welcher die Pflanzen ähnlich den Thieren Excremente durch die Wurzeln ausscheiden, die wohl ihnen selbst aber andern Pflanzen nicht zuwider sind, womit er die Unverträglichkeit der Pflanzen mit sich selbst und die Nothwendigkeit eines Wechsels zu begründen suchte, längst als gänzlich unhaltbar aufgegeben ist.

Der Sitz der seither betrachteten Erschöpfung ist in den verschiedenen Schichten des Bodens zu suchen, welche von den Pflanzenwurzeln durchzogen werden. Der verschiedene Tiefgang sowohl, als die Verbreitung der Wurzeln unserer Culturpflanzen im Boden sind, wie wir sehen werden, durchaus constitutioneller Natur.

Im Allgemeinen sind Pflanzen mit längerer Vegetationsperiode tieferwurzelnd und überhaupt mit bedeutenderer Wurzelentwicklung ausgerüstet, als solche von kurzer Vegetationszeit (eine Ausnahme in Bezug auf das Tieferwurzeln machen die mehrjährigen und perennirenden Gräser). Dem entspricht bei Ersteren meist auch die Erzeugung einer grösseren Menge von Trockensubstanz und damit eine grössere Aschenmenge im Vergleich zu Letzteren, sowie eine absolut stärkere Erschöpfung der ausgebeuteten Bodenschichten. Man könnte sich denken, dass zwei Pflanzen, von denen die eine mehr in den oberen, die andere mehr in den unteren Bodenschichten wurzelte und diese entsprechend ausbeutete, in Bezug auf die Nährstoffe im Boden unabhängig von einander wachsen und sich gut vertragen könnten, selbst wenn sie die gleichen Nährstoffmengen zu ihrem Wachsthum brauchten, dagegen mit sich selbst unverträglich wären. Allein man hat sich die Ausbeutung des Bodens durch ungleich tief wurzelnde Pflanzen nicht in der Art vorzustellen, als ob die Einen mehr nur die oberen Bodenschichten, die Anderen diese weniger, dagegen vorzugsweise die unteren ausbeuteten, sondern vielmehr so, dass von Beiden stets die ganze erreichte Bodentiefe in Anspruch genommen wird, und zwar die obersten Schichten immer am meisten, dass jedoch die Ausbeutung, je mehr die Wurzeln tiefer gehen, sich auch weiter nach unten, aber in einem mit der Tiefe abnehmenden Grade auf die tieferen Schichten erstreckt. Die einem Bodenvolum

entzogene Nährstoffmenge vertheilt sich also immer mit einem grösseren Antheil auf die oberen Schichten, als auf die unteren. Je mehr aber die tieferen Schichten zugänglich sind, um so mehr werden auch sie von den Wurzeln ausgebeutet, dagegen die oberen, soferne die Nährstoffe jetzt aus einem grösseren Volum genommen werden, in diesem Verhältniss so zu sagen geschont. Man kann also wohl sagen, dass die tieferwurzelnden Pflanzen die Ackerkrume relativ weniger, als die flachwurzelnden in Anspruch nehmen. — Es ist nun zunächst nöthig, sich darüber zu verständigen, in welchen Bodenschichten die Wurzeln der verschiedenen Culturpflanzengruppen, die wir gebildet haben, sich bewegen, weil gerade über diesen Punkt sehr abweichende Anschauungen bestehen. Die Einen sind geneigt, gestützt auf zahlreiche Wurzeluntersuchungen bei Roggen, Weizen, Raps, Erbsen und Klee (Schubart = Gallentin, Chemischer Ackersmann 1855, S. 193 u. f.), schon für die Gräser und Getreidearten eine Wurzeltiefe von 3—4' und nicht sehr viel mehr für Klee, Hülsenfrüchte und Raps anzunehmen. Andere, besonders Fraas *) auf Grund seiner Untersuchungen, nehmen zwar überhaupt geringere Wurzeltiefen, bei den Gräsern und Getreidearten höchstens 1—2', bei den Kleearten und Rüben 3—4', aber jedenfalls beträchtliche Unterschiede unter den verschiedenen Pflanzen an. Endlich noch Andere wie Dr. W. Schumacher **) und namentlich Dr. H. Thiel, ***) gleichfalls auf ihre Untersuchungen gestützt, glauben, dass die Hauptmasse der Wurzeln, namentlich der thätigen jungen Wurzeln in den oberen, durch Cultur gelockerten Bodenschichten sich entwickeln und auch aus diesen vorzugsweise ihre Nahrung schöpfen, dass nur ein

*) Prof. Dr. O. Fraas, das Wurzelleben der Culturpflanzen etc. 1870.

**) Die Ernährung der Pflanze von Dr. W. Schumacher 1864, S. 167 u. f.

***) Landw. Centralblatt v. 1870. II. S. 355 u. f.

kleiner, sehr untergeordneter Theil der Wurzeln in eine grössere Tiefe hinabgehe und dass deshalb der Betrag deren Ausbeutung gar nicht in Betracht kommen könne. Während nun die Ersteren zumeist eine Erschöpfung des Untergrundes annehmen, auf welcher die Unverträglichkeit der tiefer wurzelnden Pflanzen mit sich selbst, so namentlich die sogenannte Klee-, Rüben-Müdigkeit etc., beruhen soll, halten die Anderen, namentlich Thiel und Schumacher, die Erschöpfung der tieferen Bodenschichten für unerwiesen, und sehen jene Müdigkeit, wenn sie überhaupt vorhanden, in einer temporären, durch Düngung zu beseitigenden Erschöpfung der Ackerkrume oder zum Theil auch in ganz anderen, ausserhalb der Beschaffenheit des ernährenden Bodens liegenden Ursachen, wie in thierischen Feinden, Pflanzenkrankheiten, Entartung der Culturpflanzen u. dgl. Sie empfehlen eine möglichst flache Düngung und sind gegen jede tiefere Düngung des Bodens. Wenn wir nun auch der Ansicht sind, dass diese Fragen nur durch zahlreiche, wiederholte, unter verschiedenen Bodenverhältnissen angestellte Untersuchungen, zunächst über die Bewurzelung der verschiedenen Pflanzen, definitiv gelöst werden können, wenn wir selbst für jetzt nicht in der Lage sind, einschlägige exacte Untersuchungen zu produciren, so glauben wir doch, auf Grund allgemein bekannter, sowie bei hervorragenden Botanikern feststehender Thatsachen und auch eigener Anschauung und Erfahrung, der Bewurzelungsfrage im Folgenden näher treten zu können. Fassen wir zunächst die verschiedenen bis jetzt beobachteten Wurzeltiefen in's Auge, so ist nichts natürlicher, als dass Untersuchungen, auf verschiedenen Böden angestellt, verschiedene Resultate für dieselben Pflanzen ergeben müssen. Ebenso verschieden als die Erträge derselben Pflanze auf verschiedenen Böden, so weit sie von diesen abhängen, werden sicher auch die Bewurzelungen

sein oder umgekehrt. Absolute Werthe für die Wurzeltiefe, auf diesem oder jenem Boden gefunden, haben nur für den betreffenden Boden, also nur eine locale, aber keine allgemeine Gültigkeit, es lassen sich daher Einzelbeobachtungen nicht gut verallgemeinern. Hauptsächlich handelt es sich in dieser Frage um die Ermittlung der relativen Tiefen, welche die verschiedenen Pflanzen oder Pflanzengruppen auf guten, mittleren, für ihr Gedeihen geeigneten Böden durchschnittlich erreichen. Aus diesem Verhältniss wird sich dann für gewöhnlich der Tiefgang in den meisten Bodenverhältnissen beurtheilen lassen.

Vor Allem besteht in der Art der Wurzelbildung zwischen den den Monocotyledonen angehörenden Gräsern und Getreidearten und den dicotylen Culturpflanzen ein principieller Unterschied, in welchem auch die constitutionelle Verschiedenheit des Tiefganges der Wurzeln begründet ist.*) Bei den Ersteren bildet sich nämlich keine Pfahlwurzel: die in der Keimpflanze am unteren Ende der Keimachse als Hauptwurzeln angelegten und bei der Keimung hervorbrechenden Eine oder mehrere Keimwurzeln hören sehr frühe auf zu wachsen und gehen ein, — und nun entwickeln sich aus der bald breiter gewordenen, stumpfen Basis der Keimachse oder, wenn man will, des unteren Stammendes oder des ersten Halmknotens, statt jener zahlreiche, definitive Nebenwurzeln, die im Gewebe der Keimachse neu entstehen und sich namentlich im Bestockungsprocesse sehr vermehren, jedoch nur ein beschränktes Längenwachsthum zeigen. Mit der sehr frühe schon erlöschenden Thätigkeit des Cambiumrings der Nebenwurzeln

*) Handbuch der physiolog. Botanik von W. Hofmeister, I. Allg. Morphologie der Gewächse, 1868, S. 423 u. f. Lehrb. der Botanik v. Dr. Jul. Sachs, 3. Aufl. 1873, S. 145. 532. 548; Lehrb. der Anatomie und Physiologie der Gewächse von Dr. Herm. Schacht 1859, II. S. 137 u. f.

hört auch das Dickenwachsthum und ebenso die weitere, seitliche Verästelung bald auf, wesshalb eben diese Nebenwurzeln und ihre Verästelungen eine so geringe Länge, Dicke und Verzweigung erlangen. Der Reichthum der Wurzelbildung beruht hier auf steter Neubildung von Nebenwurzeln aus der Basis des unteren Stammendes, nicht aber auf deren fortdauernder Verlängerung, Verdickung und Verzweigung. So entsteht die den Gräsern eigenthümliche „faserige“ Wurzel, welche in ihrem Tiefgange ihrer Natur nach beschränkt ist, lediglich an die Ackerkrume sich hält, und nur in sehr reichem und tiefem Boden, der einen aussergewöhnlichen Anreiz zur bedeutenden Wurzelentwicklung ausübt, kommt wohl ein Tiefergehen einzelner, besonders günstig situirter Nebenwurzeln vor, was aber für die Regel der gewöhnlichen Fälle ohne alle Bedeutung ist. Bei den mehrjährigen und perennirenden Gräsern ist ganz dieselbe Art der Wurzelbildung,*) welche aber hier alle Jahre in dieser Weise sich wiederholt. Bei den mehrjährigen Gräsern entstehen aus im vorigen Jahre seitlich an der Stengelachse gebildeten Seitensprossen alljährlich neue Stengel nach oben zu und an deren Basis neue Nebenwurzeln nach unten — derselbe Process, wie bei der Bestockung der einjährigen Gräser, — Nebenwurzeln, welche immer mehr eine seitliche, in die Breite gehende Ausdehnung der Pflanze bewirken und eben dadurch geschlossenen Rasen erzeugen, wozu es bei den Getreidearten in Folge ihrer kurzen Vegetationsperiode nicht

*) Neuestens hat Nobbe gezeigt, dass, während bei den Cerealien im ersten Keimungsstadium 5—6 Wurzelfasern aus dem Samen hervorgehen, bei den Wiesengräsern nur Ein Würzelchen direct aus dem Samen sich entwickelt, ein Unterschied der später sich ausgleicht. Es mag damit der bekanntlich sehr langsame Wachsthumfortschritt der jungen Graspflänzchen zusammenhängen. Landw. Versuchsstationen, XV, 1872, S. 391.

kommt. Bei den mit unterirdischen kriechenden Stengeln versehenen Gräsern findet die Faserwurzelbildung in derselben Weise von den Knoten des unterirdischen Stengels aus statt.

Bei allen Dicotyledonen, wenigstens bei den hierher gehörigen Culturpflanzen, bildet sich die radícula der Keimpflanze zur eigentlichen, tiefgehenden Pfahlwurzel aus, von welcher in Folge der, so lange die Pflanze lebt, andauernden Thätigkeit des Cambiumrings, immer von einzelnen Gefässbündeln abzweigend, früher und später zahlreiche Nebenwurzeln ausgehen, die sich sämmtlich, so lange die Vegetation dauert, verlängern, verdicken und verästeln. Bei den mehrjährigen und perennirenden dicotylen Pflanzen findet dann, alljährlich sich wiederholend, nicht bloß eine Verdickung und weitergehende Verlängerung und Verästelung der bereits vorhandenen, sondern auch eine Neubildung von Nebenwurzeln statt, die ganz in derselben Weise, wie die ursprüngliche Hauptwurzel sich verhalten. So entsteht dann bei diesen Pflanzen nach und nach ein mächtiges, tiefgehendes und vielfach verzweigtes Wurzelsystem, welches aus einer Hauptwurzel, der ursprünglichen Pfahlwurzel, als der in der Regel längsten, aus einer Reihe von Nebenwurzeln erster, zweiter, dritter Ordnung u. s. w. und aus den zahlreichen Verästelungen aller dieser besteht. Bei Manchen, so namentlich bei Papilionaceen, wird die Pfahlwurzel in der Regel von den seitlich entstandenen Nebenwurzeln im Längenwachsthum überholt und die Wurzel wird, ähnlich wie bei den Gräsern, aber in ganz anderem Sinne „faserig“. Bei den rübenartigen Gewächsen bleibt aber die Pfahlwurzel die längste Wurzel. Bei der jungen Rübe (Beta), deren Pfahlwurzel im Anfange nur zwei Gefässbündel enthält, erfolgt die Bildung der Nebenwurzeln zuerst nur von diesen beiden, in zwei Längsrinnen der Pfahlwurzel einander oppo-

nirten Gefässbündeln aus, später aber, wenn eine grössere Zahl der letzteren gebildet und der Gefässbündelring geschlossen ist, an der ganzen Peripherie desselben allerorten. Die seitliche Bildung von primären, secundären etc. Nebenwurzeln, wie auch die weitere Verästelung aller dieser erfolgt bei den dicotylen Pflanzen allgemein ganz bestimmt an der Peripherie des Gefässbündelrings, von einzelnen Gefässbündeln aus; in der Längenrichtung der Wurzel aber, wie es scheint, ohne eine bestimmte Anordnung. Die freie Ordnung, in welcher sie entstehen, wird, wie man ziemlich allgemein annimmt, bestimmt durch örtlichen Reiz, welchen die Anhäufung von Nährstoffen in lockerem Boden und wohl auch die Feuchtigkeit und zutretende atmosphärische Luft auf die Wurzel in einer noch unerklärten Weise ausüben sollen. So ist denn der Unterschied in der ganzen Wurzelentwicklung und ganz besonders im Tiefgange der Wurzeln zwischen den Gräsern und den übrigen Culturpflanzen ein in der Natur Beider tief begründeter, constitutioneller. Bei den einjährigen Gräsern führt die eigenthümliche Wurzelbildung zur flachen, faserigen Wurzel, bei den mehrjährigen und perennirenden zum ausgebreiteten, geschlossenen Rasen und dichten Wurzelfilz in der Ackerkrume,*) bei den dicotylen Culturpflanzen aber zu einem grösseren Tiefgange der Wurzeln, der bei den mehrjährigen und perennirenden, der längeren Vegetationsperiode entsprechend das höchste Mass erreicht. Auf einem Boden, welcher physikalisch günstig, tiefgründig, nährstoffreich und gut cultivirt ist, werden daher die ein- und mehrjährigen Getreidearten und Gräser niemals so tief wurzeln, als die Hülsen-

*) Die Möglichkeit Rasen von Wiesen so leicht als zusammenhängendes Ganzes abzunehmen, beruht nicht bloss auf dem seitlichen Zusammenhängen der einzelnen Pflanzen, sondern auch auf dem geringen, gleichmässig tiefen Wurzelgange derselben.

früchte, diese nicht so tief als zweijährige Pflanzen, wie die Rüben und der Klee, und noch weniger als Luzerne, Esparsette und Hopfen. Auf nährstoffarmem, seichtgründigem Boden aber, von ungünstiger physikalischer Beschaffenheit und mangelhafter Cultur werden die Wurzelsysteme aller der genannten Pflanzen in denselben Proportionen sich mehr in die oberen Bodenschichten zu verlegen trachten, die tieferwurzelnden mit der Modification, dass sie ihre Lebensdauer abkürzen d. h. nicht mehr gedeihen. Für das constitutionelle Verhältniss der tieferen Bewurzelung ist das Verhalten der Luzerne besonders charakteristisch, deren Gedeihen nicht sowohl von einer besonderen Güte des Bodens, als von dessen Tiefgründigkeit und Lockerheit bedingt ist. Auf einem noch so guten, aber seichtgründigen Boden ist ihre Lebensdauer sehr beschränkt. Das relativ verschiedene Verhalten hinsichtlich des Tiefganges wird, weil es auf constitutionellen Ursachen beruht, sofern das dargebotene Bodenvolum überhaupt Spielraum gestattet, immer bestehen bleiben, wenn es auch in verhältnissmässig hohem Grade der Cultur gelingen mag, durch Lockerung des Bodens und Nährstoff-Anhäufung die Wurzeln der Pflanzen nach oben zu ziehen. Es ist daher die Annahme verschiedener Wurzeltiefen unserer Culturpflanzen eine durchaus wohl begründete.

Die bei der Aufnahme der Nährstoffe allein thätigen Theile der Wurzeln sind bekanntlich die jüngeren, mit Wurzelhaaren besetzten Enden derselben; die älteren rückwärts liegenden Theile, bei denen die Wurzelhaare bereits abgestorben, sowie die vordersten, jüngsten, bei denen sie noch nicht gebildet sind, bleiben bei der Nährstoffaufnahme unthätig. Bei den mehrjährigen und perennirenden Pflanzen, welche jedes Jahr ihre alten Wurzeln verlängern, verdicken und verzweigen, rücken die Spitzen

der aufnahmehätigen Wurzelfasern nach Massgabe der Gunst des Bodens alljährlich tiefer abwärts, verästeln sich und beuten so der Reihe nach die tieferen Bodenschichten aus, welche sie durchdringen. Gleichzeitig bilden sich aber auch in den oberen Schichten jedes Jahr neue Wurzeln, verästeln sich mehr und mehr und zwar hier in viel höherem Grade, weil der Anreiz zur Wurzelbildung stärker ist. Die Verlängerung und Verästelung nimmt mit der Tiefe in dem Verhältniss ab, als dieser Anreiz nach unten geringer und der Boden fester wird. Die bekannten Bewurzelungsversuche mit Localisirung der Nährstoffe von Nobbe, Hermann von Liebig und Anderen zeigen deutlich den Einfluss reicher Pflanzennahrung auf die Entwicklung der Wurzel. Sie beweisen aber nicht, wie behauptet wurde, dass die Wurzelentwicklung in den tieferen Schichten des Bodens unerheblich sei, sondern nur, dass sie genau im Verhältniss steht zu dem Nährstoffreichthum einer Bodenschichte. Das constitutionelle Verhalten der Wurzeln hinsichtlich ihres Tiefgangs kann nur modificirt, aber niemals aufgehoben werden, ohne zugleich das Leben der Pflanze aufzuheben. Somit werden die tieferen Bodenschichten von den tieferwurzelnden Pflanzen immer auch ausgebeutet werden und zwar in dem Verhältniss, als der Nährstoffreichthum und die Lockerheit derselben die Veranlassung zur Wurzelbildung in der Tiefe wird. Es ist desshalb eine Erschöpfung dieser Bodenschichten früher oder später unausbleiblich und um so schwieriger zu heben, je unzugänglicher für Bearbeitung und Düngung dieselben sind, und je mehr man darauf zählen muss, dass der Verlust an Nährstoffen sich aus dem erschöpflichen Vorrath des Bodens selbst ersetze. —

Die landwirthschaftliche Praxis hat schon lange und ganz besonders in unseren Tagen einen verschiedenen

Tiefgang der Culturpflanzen bei der Bearbeitung des Bodens in Rücksicht genommen. Für die flachwurzelnden Getreidearten und kurz vegetirenden Pflanzen geht die Bearbeitung gewöhnlich nicht tiefer als 6—8". Eine tiefere Bearbeitung ist zwar nicht ohne Einfluss auf das bessere Gedeihen jener Pflanzen, allein wirthschaftlich lohnend hat sich im Allgemeinen der grössere Aufwand nicht erwiesen. Für reife Hülsenfrüchte, Oelpflanzen, Tabak u. s. w. geht man gleichfalls in der Praxis nicht über die gewöhnliche grösste Tiefe der Bearbeitung hinaus, obgleich man schon für diese Pflanzen einen, wenn auch nicht erheblich grösseren Tiefgang der Wurzeln, als bei den vorigen, annehmen muss, dessen Berücksichtigung aber bei der Bearbeitung des Bodens praktisch noch zu wenig in's Gewicht fällt. Erst für Rüben, ganz besonders Zuckerrüben, gewährt man eine tiefere Bearbeitung, welche man in der Regel vortheilhafter in einer Untergrundslockerung, als in einer beträchtlichen Vertiefung der Ackerkrume bestehen lässt. Die zweijährige Rübenpflanze geht schon im ersten Jahre tief in den Untergrund und jedenfalls hängt von der Lockerheit desselben wesentlich die für grössere Zuckerausbeute erforderliche schlanke Birnform der Rübe ab, ein Verhalten, welches durchaus in der constitutionellen Richtung der Wurzel sich bewegt. Der Rübenkultur verdanken in Deutschland die Tiefpflüge, Rayolpflüge, ja die Dampfcultur ihre Entstehung und Einführung in die Praxis, gewiss ein schlagender Beweis, wie sehr die tiefere Bearbeitung dieser Pflanze naturgemäss sein muss, wenn ein so grosser Aufwand für dieselbe wirthschaftlich in so hohem Masse gerechtfertigt, ja geradezu geboten ist. *)

*) Auf Grund einer Wurzeluntersuchung von Rüben, welche Hosäus (Preuss. Annalen, 56ter Bd. 1870, S. 262, u. f.), in Erdkasten von drei Fuss Höhe in verschiedenen Bodenarten angestellt hat, gibt er an, wie der weit- aus grösste Theil der Nebenwurzeln in der Ackerkrume wenige Zoll un-

Eine folgende tiefere Bodenschichte bezeichnen die zwei- und dreijährigen Kleearten, hauptsächlich der Rothklee, welcher, wenn auf die tiefbearbeiteten Rüben folgend, jeden-

ter der Oberfläche sich gebildet habe, wie sodann 6—10 lange, von der Pfahlwurzel abzweigende Stränge bis in 34 Zoll Länge noch erhalten werden konnten, ohne damit die natürlichen Enden erreicht zu haben. Ausdrücklich ist bemerkt, dass mit der Tiefe die Verästelungen abnahmen und jene langen Stränge fadenförmige Wurzeln darstellten. Hiezu ist jedoch zu bemerken, dass gepflanzte Rüben, welche in dem Versuche benützt wurden, von gesäten in ihrer Wurzelentwicklung verschieden sind. Die beim Herausnehmen aus dem Saatbett abgerissene Pfahlwurzel reproducirt sich als solche nicht mehr; der Wurzelgang der vicarirenden Nebenwurzeln, die sich bilden und namentlich bei sehr jung verpflanzten Rüben manchmal auch noch verhältnissmässig tief gehen, ist in der Regel viel weniger tief, als der der unversehrten Pfahlwurzel. Es ist bekannt, dass gepflanzte Rüben sich verhalten wie flachwurzelnde Pflanzen, was sich namentlich in trockenen Jahren den gesäten Rüben gegenüber deutlich ausspricht. Der Hosäus'sche Versuch gilt für gepflanzte Rüben, nicht aber für gesäte. Damit hängt namentlich auch die Angabe zusammen, dass wenige Zoll unter der Ackerkrume die meisten Nebenwurzeln sich gebildet haben. Bei gesäten Rüben, wenn sie schon älter sind, findet man diess bekanntlich nicht, die Nebenwurzelbildung zeigt sich erst in grösserer Tiefe unter der Oberfläche. Gesäte Rüben wurzeln tiefer als Raps, Hülsenfrüchte u. dgl., daher auch der grosse Erfolg der tieferen Bearbeitung. Da gepflanzte Rüben flacher wurzeln, wäre es nicht unmöglich, dass die sogenannte Rübenmüdigkeit vielleicht bei ihnen durch Düngung der Ackerkrume zu heben wäre.

Wieder anders als die Bewurzelung der in der Jugend verpflanzten Rüben verhält sich diejenige der Samenrüben, die im folgenden Jahre zur Samengewinnung ausgepflanzt werden. Hier ist von einem Ersatz der Pfahlwurzel, selbst nicht durch solche vicarirenden Stränge, wie sie Hosäus beobachtet hat, wenig mehr zu bemerken. Es bildet sich am Grunde der abgerissenen Pfahlwurzel bei der Samenrübe eine Art „faseriger“ Wurzel, die aus einem dichten Wurzelfaserbüschel besteht und nur wenig in die Tiefe zu gehen scheint, denn sie lassen sich auch sehr leicht ausziehen. Offenbar ist die Reproductionskraft für neue tiefgehende Wurzeln bei den älteren Pflanzen geringer, als bei den jüngeren und schwindet mehr und mehr mit dem Alter. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass man es in der Gewalt hat, durch etwas ältere Pflänzlinge die Rüben noch flacher wurzelnd zu machen, als es mit jungen Pflänzlingen, wie sie Hosäus angewendet hat, der Fall ist.

falls von dieser Bearbeitung profitirt, aber für sich allein eine solche wirthschaftlich kaum zu rechtfertigen vermöchte. Eine noch tiefere Bearbeitung, als für Rüben, lässt man nur einigen sehr tiefwurzelnden, perennirenden Culturpflanzen in zeitweiligem Rayolen auf mehrere Fuss Tiefe zukommen, welche durch ihre werthvollen Produkte den Aufwand zu lohnen vermögen, so bei Hopfen, bei Wein, Obstbaumschulen u. dgl. Hier wechselt man dann gerne mit Luzerne, Esparsette etc. auf dem Lande ab, welche dann vortrefflich gedeihen. Auf den gewöhnlichen Feldern kommt diese tiefste Bearbeitung nicht mehr vor, denn jene Culturen sind immer besonderen Grundstücken zugewiesen, die ausserhalb des in gewöhnlicher Weise betriebenen Areals liegen. In zufälliger Weise kommen noch tiefere oder vielmehr höhere Auflockerungen des Bodens bei Auffüllungen für Strassen, an Eisenbahndämmen u. dgl. vor, welche bekanntlich durch Luzerne, Esparsette, Obstbäume etc. mit dem besten Erfolge in Benützung genommen werden. Man kann nun gewiss sagen, dass sich die Tiefe der Bodenbearbeitung ganz entsprechend den tieferen Bodenansprüchen der verschiedenen Pflanzen in der Praxis gestaltet hat. Natürlich kommt hier auch das Verhältniss der Rentabilität zur Geltung, welches für jetzt noch verbietet, allerwärts den tiefwurzelnden Pflanzen die entsprechende Bodenbearbeitung zu Theil werden zu lassen, allein mit der steigenden volkwirthschaftlichen Entwicklung wird immer mehr die Rücksicht auf das physische Moment der Bewurzelung eine durchschlagende Geltung erlangen.

Die Bezeichnung kleefähig, luzernfähig für einen Boden ist schon lange in der landwirthschaftlichen Praxis gäng und gäbe. Die Bonität, welche einem Boden auf Grund dieser Prädikate zukommt, beruht auf den physischen Verhältnissen, die wir so eben auseinander gesetzt haben. —

Wir können nun auf Grund der seitherigen Betrachtung vier Bodenschichten annehmen, in welche die verschiedenen Culturpflanzen gehen und welche sie auch, wie wir annehmen müssen, ausbeuten. In der Ackerkrume fast ausschliesslich wurzeln die Gräser und Getreidearten und einige andere kurz vegetirende Pflanzen; die wenigen tiefer gehenden Wurzeln derselben begründen kein constitutionelles Verhalten. In die nächst folgende Schichte des Untergrundes treten bereits mit einem grösseren Theile ihres Wurzelsystems ein, als die vorigen, Hülsenfrüchte, Raps, Lein, verpflanzte Rüben, Tabak etc. Auf sie folgen die mehrjährigen Kleearten und Rüben, welche wiederum tiefer in den Untergrund eindringen, und schliesslich die perennirenden Pflanzen mit dem grössten Tiefgange der Wurzeln, wie Luzerne, Esparsette, Hopfen und Weinstock. Bei Allen findet sich die Hauptmasse der Wurzeln in der obersten Schichte; der in die Tiefe gehende kleinere Theil derselben ist am grössten und tiefsten gehend bei den Pflanzen der vierten, am kleinsten und wenigsten tief gehend bei denen der ersten Gruppe; zwischen beiden Extremen in der Mitte, die Pflanzen der ersten Gruppe übertreffend, denen der vierten sich nähernd, befinden sich diejenigen, welche der zweiten und dritten Gruppe angehören. Man könnte vielleicht diese vier Bodenschichten bezeichnen als Ackerkrume, Obergrund, Untergrund und Tiefgrund, wenn man es nicht vorzieht, diese Schichten durch Pflanzen selbst, welche vorzugsweise in dieselben dringen, zu bezeichnen. Es versteht sich von selbst, dass sich die Schichten nicht absolut abgrenzen lassen; auf tiefgründigem Boden dehnen sich dieselben nach unten aus und schrumpfen auf flachgründigem Boden nach oben zusammen, oder richtiger, es fehlen im letzteren Falle die unteren ganz, wenigstens gedeihen die Pflanzen der

dritten und vierten Gruppe wirthschaftlich nicht mehr auf ihnen. —

Im engen Zusammenhange mit dem Tiefgange der Wurzeln steht die Frage der Erschöpfung der verschiedenen Bodenschichten durch die Pflanzen, sowie der sogenannten Verträglichkeit derselben mit sich selbst und mit andern. Ob man aus dem Umstande, dass die Kieselpflanzen der Ackerkrume, die Kali- und einjährigen Kalkpflanzen und ebenso die mehrjährigen und perennirenden der letzteren dem Ober-, Unter- und Tiefgrunde angehören, vermuthen darf, dass das Vorherrschen jener charakteristischen Nährstoffe in den Aschen im Zusammenhange steht mit der auf den verschiedenen Absorptionsverhältnissen im Boden beruhenden grösseren oder geringeren Verbreitung in den verschiedenen Bodenschichten und deren Ausbeutung an diesen Nährstoffen, mag dahin gestellt bleiben, weil uns geeignete Anhaltspunkte dazu fehlen. — Wir haben oben schon gesehen, dass in den tieferen Schichten des Bodens die Bildung von aufnahmehätigen Wurzelfasern nach Massgabe des Anreizes erfolgt, welchen die grössere oder geringere Menge an aufnehmbaren Nährstoffen in diesen Schichten ausübt.*) Es muss somit auch eine Nährstoffaufnahme aus diesen Schichten stattfinden und eine Erschöpfung derselben an Nährstoffen um so früher und fühlbarer sich zeigen, je öfter der Anbau tiefwurzelnder Pflanzen erfolgt, je kürzer vegetirend diese sind und je geringer der natürliche Vorrath und je schwieriger es ist, die entzogenen Nährstoffe

*) Fast alle Untersuchungen zeigen eine geringe Menge von solchen Wurzelfasern in grösserer Tiefe. Bei der Schwierigkeit, welche überhaupt die Gewinnung dieser feinsten Wurzeltheile aus einem Erdvolum hat, muss wohl beachtet werden, dass in den tieferen, immer viel festeren Bodenschichten diese Schwierigkeit in hohem Grade wächst und jedenfalls verhältnissmässig niedrigere Resultate erreichen lässt.

zu ersetzen. Unter allen Culturen bringen die schwierigste Erschöpfung die Pflanzen des Untergrundes, namentlich Rothklee und Zuckerrüben hervor; bei ihnen haben sich auch die Unverträglichkeit mit sich selbst und die sogenannte Müdigkeit am allgemeinsten und bedenklichsten gezeigt.*) Rothklee und Rüben sind unter den tiefwurzeln- den, in der Regel auch länger vegetirenden Pflanzen ver- hältnissmässig kurz vegetirend; schon am Ende des ersten Jahres erreichen die Kleewurzeln die tieferen Schichten, wachsen im zweiten Jahre noch etwas tiefer und beuten

*) Es haben namentlich Hellriegel und Schumacher mit Recht darauf hingewiesen, dass man mit Müdigkeit des Bodens oder der Pflanzen sehr verschiedene Dinge bezeichnet hat, die wohl auseinander zu halten sind. Das Nichtgedeihen einer Pflanze in Folge von Pilzkrankheiten oder von Beschädigungen durch Thiere und auch von Ausartung des Samens muss streng unterschieden werden von der sogenannten Müdigkeit, d. h. dem Nichtgedeihen einer Pflanze in ihrer Nutzungsperiode, nach unserer Ansicht die Folge eines absoluten oder relativen Mangels an Nährstoffen im Boden. Diese Erscheinung, welche jede Pflanze beim Eintritt des Mangels zeigt, ist ganz allgemeiner Natur und auch bei Klee, Rüben etc. an sich durch- aus Nichts besonderes, sie ist nur desshalb hier auffallender, weil sie prägnanter auftritt und die Beseitigung derselben bei der Eigenthümlich- keit der genannten Pflanzen besondere Schwierigkeiten hat. Es muss aber zugegeben werden, dass es nicht immer, namentlich dem ge- wöhnlichen Landwirthe möglich ist, diese verschiedenen Ursachen des Nichtgedeihens auseinanderzuhalten, besonders wenn mehrere gleich- zeitig auftreten und eine Ursache die andere leicht verdeckt, wie diess bei der Zuckerrübe nicht selten der Fall ist. Eine genaue Untersuchung der begleitenden Umstände wird aber doch nur in seltenen Fällen zweifel- haft lassen, mit welcher Ursache man es zu thun hat. Wir werden als Müdigkeit des Bodens diejenige Erscheinung des Nichtgedeihens bezeichnen, welche im ersten, im zweiten oder dritten etc. Jahre, überhaupt in der normalen Nutzungszeit sich zeigt und nach un- serer Ansicht auf einem Mangel an Nährstoffen im Boden beruht, und wenn sich diess auf Klee oder Rüben etc. bezieht, in diesem Sinne von Kleemüdigkeit etc. reden. An dem Vorhandensein einer solchen Müdigkeit kann ebenso wenig für Klee, Rüben etc. gezweifelt werden, als für alle übrigen Pflanzen. Wir werden versuchen im Folgenden diese Auffassung zu rechtfertigen.

nun in diesem Einen Jahre, dem kräftigsten ihres Lebens, die betreffenden Schichten in kurzem und energischem Wachsthum so stark aus, dass die temporäre Erschöpfung derselben erfahrungsmässig eine Wiederkehr vor 6—8 Jahren in der Regel nicht gestattet. In die Untergrundsschichten dringen zwar auch noch einzelne Wurzeln der Pflanzen des Obergrundes und der Ackerkrume, deren Nährstoffentnahme aber jedenfalls von geringem Belange ist. Da nun die Schichten des Untergrundes auf dem gewöhnlichen Wege der Düngung der Ackerkrume von oben her nur sehr langsam und schwierig Nährstoffe zugeführt erhalten, theils wegen der ihre schnellere Verbreitung hemmenden Absorptionsverhältnisse, theils der mit der Tiefe zunehmenden, den Wasserabzug verlangsamenden Festigkeit des Bodens, so kann die Wiederherstellung der Ertragsfähigkeit in der kurzen Zeit bis zur üblichen Wiederkehr in ausgiebiger Weise nur aus dem Vorrathe der betreffenden Bodenschichte selbst erfolgen. Die träge und langsame Verwitterung und Löslichwerdung neuer Nährstoffe in diesen der Bearbeitung und dem Einflusse der Luft fast ganz entzogenen, in der Regel von Natur aus überhaupt und namentlich an organischen Stoffen als die Ackerkrume ärmeren Schichten, geht nach jeder neuen Wiederkehr des Klees immer schwieriger und unausgiebiger vor sich und schliesslich ist eine mit der Häufigkeit des Anbaus wachsende, bleibende Erschöpfung, die sogenannte Müdigkeit, unausbleiblich. In derselben Weise, nur noch intensiver, gestaltet sich die Erschöpfung bei den Zuckerrüben, weil man diese nicht selten schon nach zwei und drei Jahren auf demselben Acker wiederkehren lässt, obwohl sie eine noch kürzere Vegetationsdauer haben, als Rothklee und ein weit kleineres Wurzelsystem. Wenn man zugeben muss, dass Klee und Rüben mit ihren aufnahme-

thätigen Wurzeln naturgemäss in die tieferen Bodenschichten dringen, so ist man auch gezwungen, die so eben gezogene Consequenz, die Müdigkeit, zuzugestehen. Wir müssen nämlich annehmen, dass die Aufnahme aller Nährstoffe aus jenen Schichten, wie aus der Ackerkrume, in den gleichen relativen Mengeverhältnissen, wie sie die Pflanze zur Production gebraucht, erfolgt, und nicht etwa nur eine Aufnahme einzelner Nährstoffe, während die Ackerkrume dann die Lieferung anderer übernimmt. Wie in der Ackerkrume wird sich daher die Erschöpfung zuerst hinsichtlich der selteneren Nährstoffe geltend machen und der Reihe nach allmählig auch auf die übrigen erstrecken. — Günstiger in praktischer Beziehung gestaltet sich die Erschöpfung des Tiefgrundes durch Luzerne, Hopfen etc., überhaupt alle noch tiefer, als die vorigen, wurzelnden und länger vegetirenden Pflanzen, welche erfahrungsmässig auch weniger unverträglich mit sich selbst sind und unseres Wissens bis jetzt seltener jene sogenannte Müdigkeit gezeigt haben. Bei einer zehn- oder zwanzigjährigen Lebensdauer gelangen nämlich die Wurzeln langsam und allmählig in die tieferen, den meisten anderen Pflanzen unzugänglichen Schichten, welche, wenn erst nach Verfluss einer ebenso langen, gewöhnlich als Regel für die Wiederkehr bezeichneten Pause der Anbau wieder folgt, eine hinreichende Zwischenzeit gehabt haben, in der, zumal unter dem Einflusse des Wachstums anderer, gleichfalls tiefwurzelnder Zwischenpflanzen und der Zersetzung der von der vorhergehenden Pflanze hinterlassenen organischen Ueberreste, leicht eine für die Wiederkehr hinreichende Menge von disponiblen Nährstoffen sich wieder gebildet haben kann und jedenfalls von oben her durch Abwärtsdringen gelöster Nährstoffe ein Ersatz sich ganz von selbst voll-

zogen hat. *) Bis die wiederkehrende gleiche Pflanze nach 10—20jähriger Pause mit ihren Wurzeln in dieselbe Tiefe gelangt, wie die vorhergegangene, vergeht nahezu die doppelte Zeit der Lebensdauer dieser Pflanze, und überdiess werden die tieferen Bodenschichten auch viel weniger ausgebeutet, weil den spärlicheren Wurzeln verhältnissmässig ein grösseres Bodenvolum zu Gebot steht. Ein etwaiger Mangel in den höheren Tiefen, in welchen die Wurzeln der wiederkehrenden Pflanze früher wieder anlangen, kann sich durch Verwitterung oder durch Zufuhr von oben her auch bald wieder heben, oder aber vermag ihm die Pflanze selbst durch ihre längere Vegetationsdauer überhaupt und durch Tieferdringen ihrer Wurzeln zu begegnen. Erfahrungsmässig können sogar diese Pflanzen in der Regel früher, als oben angenommen ist, wiederkehren und zwar gerade um so früher, je besser und tiefgründiger der Boden ist und je

*) Es ist bekannt, dass die Absorptionseigenschaften der Ackererde die Verbreitung und das Abwärtsdringen von Nährstoffen in die Tiefe durch abziehende Wasser in hohem Grade erschweren; ebenso, dass die Concentration der obengebildeten Lösungen mit dem Tieferdringen immer geringer wird, dass Drainwasser desshalb in der Regel arme Lösungen darstellen. Gleichwohl darf das unausgesetzte Abwärtsdringen selbst geringer, nach Umständen jedoch durchaus nicht unerheblicher Mengen von Nährstoffen in die Tiefe nicht unbeachtet bleiben. Es ist kein Grund vorhanden, nicht anzunehmen, dass die Natur mit Zuhülfenahme langer Zeiträume sich dieses Mittels bedient, um den Tiefen des Bodens die entzogenen Nährstoffe wieder zuzuführen. Es ist bekannt, dass mit der Zunahme der Concentrirung von Nährstoffen in den obersten Schichten in der freien Natur, wie in der Cultur, concentrirtere Lösungen in die Tiefen gelangen, wie auch beobachtet ist, dass von fruchtbaren, mit guter Absorptionskraft ausgestatteten Böden weit gehaltreichere Drainwasser abziehen. Bei intensiver Cultur, wo die Tiefbearbeitung des Bodens die Wasser schneller in die Tiefe führt, wo man durch Tiefdüngung die Länge des Weges und gerade die stärker absorbirende Strecke desselben abzukürzen vermag, muss aber dieser Vorgang ein beschleunigter sein. Jedenfalls ist diess ein wichtiger Factor, mit dem man in der Frage der Erschöpfung der tieferen Bodenschichten rechnen muss. —

länger die angebaute Pflanze auf demselben ausgehalten hat. Die Regel: die Luzerne kann erst nach ebenso vielen Jahren wiedergebracht werden, als sie ausgehalten hat, ist gerade umgekehrt richtig: je länger sie bestand, um so früher, je kürzer aber, um so später kann sie wiederkehren; im Einen Falle, auf gutem Boden, weil sie die tieferen Bodenschichten erst in den letzten Jahren ihres Bestehens, also auch bei früherer Wiederkehr jedenfalls nach einer hinreichend langen Pause wieder erreicht, und überhaupt in diesem Falle auf sehr gutem Boden sich befindet; — im anderen Falle aber, auf geringerem, seichtgründigem Boden darf sie erst später wiederkehren, denn hier tritt dann dasselbe Verhältniss ein, wie bei den Pflanzen des Untergrundes, dass nämlich die ganze erreichbare Wurzeltiefe schnell erreicht und dieses Bodenvolum die ganze, kürzere Lebensdauer hindurch ausgebeutet wird. Noch günstiger sind die Erschöpfungsverhältnisse bei dem länger dauernden Hopfen und bei Bäumen, überhaupt um so günstiger, je länger die Lebensdauer ist. Die längere Vegetationsdauer an sich macht die Pflanzen unabhängiger in ihrer Existenz von allen Zufälligkeiten des Bodens und der Witterung, so ferne sie überhaupt unter zusagenden Verhältnissen sich befinden. Je älter ein Baum wird, um so eher kann auf derselben Stelle ein neuer gesetzt werden, und nur bei Bäumen kürzerer Lebensdauer, wie bei den meisten Obstbäumen,*) vermeidet man es, an dieselbe Stelle wieder einen neuen zu setzen. Schliesslich muss freilich auch hier eine Erschöpfung des Bodens, wenn nicht vollständiger Ersatz geleistet wird, eintreten, die sich von der des Unter-

*) Obstbäume erschöpfen übrigens durch ihr verhältnissmässig starkes Fruchttragen den Boden mehr als Waldbäume, abgesehen davon, dass ihr Bodenvolum noch von anderen Pflanzen häufig mitbenützt wird.

grundes in ihrem Wesen nicht unterscheidet und nur in Beziehung auf die Zeit des Eintrittes für den Landwirth sich günstiger gestaltet, weil es sich um verhältnissmässig grössere Bodenvolumina, die nur langsam erschöpft werden können und um längere Zeiträume überhaupt handelt, in welchen eher ein Ersatz der entzogenen Nährstoffe auf natürlichem Wege sich vollziehen kann. Für den Forstmann, der mit sehr langen Zeiträumen operirt und in der Hauptsache freilich nur Kohlenstoff producirt, verschwindet die Erscheinung der Erschöpfung als ein in Rechnung zu ziehender Factor ganz, wenn dem Walde seine Humusdecke gelassen wird. —

Bei den Pflanzen des Obergrundes ist die Erschöpfung und Unverträglichkeit mit sich selbst praktisch gleichfalls günstiger, als bei denen des Untergrundes. Es handelt sich hier um die zunächst unter der Ackerkrume liegende Bodenschichte, welche unter den tieferen Schichten, namentlich bei einer tieferen Bearbeitung als der gewöhnlichen, verhältnissmässig am meisten und in der kürzesten Zeit von der Düngung der Ackerkrume profitiren kann, welche auch der Luft noch zugänglicher ist und schneller aus dem Vorrathe des Bodens selbst die fehlenden Nährstoffe ergänzt. Diese tiefere Bodenschichte lässt sich auch am leichtesten direct durch unmittelbare Düngung erreichen. Es scheint daher, dass für die hierher gehörigen Pflanzen am unmittelbarsten ein Erfolg der Funke'schen Untergrundsüngung zu erwarten ist, also bei Hülsenfrüchten, Raps, Lein u. dgl., weil diese Tiefdüngung ungefähr gerade in die tiefere Wurzelregion dieser Pflanzen fällt. Die Müdigkeit bei diesen Pflanzen ist im Allgemeinen weniger häufig und nicht so schwieriger Art (Erbsen, Lupinen, Lein). Endlich die Pflanzen der Ackerkrume, die Gräser und Getreidearten, kann man selbst auf Böden von gewöhnlicher, mittlerer Frucht-

barkeit nach sich selbst fortwährend bauen, sowie man entsprechend düngt und den Nährstoffvorrath der erschöpften Ackerkrume für die folgende Pflanze immer wieder herstellt, sofern nicht andere Umstände, wie Verunkrautung, Verhärtung des Bodens, thierische und pflanzliche Feinde der fortdauernden Wiederkehr im Wege stehen. — Der praktische Unterschied, denn ein theoretischer besteht nicht, zwischen der Erschöpfung der Ackerkrume und den tieferen Bodenschichten ist der, dass sie in jener durch die Anwendung geeigneter Mittel jederzeit beseitigt werden kann, für letztere aber, in einer für die gewöhnliche Wiederkehr hinreichenden Zeit, je tiefer die ausgebeuteten Schichten liegen, wirthschaftlich und zuletzt auch technisch immer weniger möglich wird. Auf natürlichem Wege aber durch Hinabdringen der gelösten Nährstoffe in die Tiefe vollzieht sich der Ersatz bei der gewöhnlichen Wiederkehr für die tiefwurzelnden, kurz vegetirenden Pflanzen zu langsam, wogegen er um so mehr in's Gewicht fällt, je langsamer und länger dieselben vegetiren. Der Ansicht, welche W. Schumacher, Thiel und Andere ausgesprochen haben, dass auf die Ernährung der Kleepflanze aus dem Untergrunde kein Gewicht zu legen sei, dass überhaupt die Pflanzen hauptsächlich nur aus den obersten Bodenschichten ihre Nahrung aufnehmen, können wir nicht beipflichten.

Ausser den angeführten Thatsachen, welche ein constitutionelles Bedürfniss der Kleepflanze, aus dem Untergrunde Nahrung aufzunehmen begründen, steht derselben die grosse Zahl der alten, ganz allgemeinen directen Beobachtungen und Erfahrungen der Praxis gegenüber. Die allenthalben und jederzeit, so lange der Kleebau existirt, in den verschiedensten Ländern, in den verschiedensten Boden- und klimatischen Verhältnissen gemachte Beobachtung der Unverträglichkeit des Klee's mit sich selbst, weist

eben durch ihre Allgemeinheit ganz bestimmt auf jene geschilderten Eigenthümlichkeiten der Kleepflanze selbst hin. Wenn dann die weitere Erfahrung, das Nichtgedeihen bei öfterem Anbau, bei flachwurzelnden Pflanzen zwar gleichfalls eintritt, aber durch Düngung der Ackerkrume sofort zu heben ist, was beim tiefwurzelnden Klee durch dieselbe Düngung erwiesenermassen nicht der Fall ist, so kann darüber kaum ein Zweifel sein, dass die Ursache dieser Erscheinung in einer zu starken Ausbeutung, absoluten oder relativen Erschöpfung der tieferen, für die Düngung unzugänglichen Bodenschichten zu suchen ist. Die Kleemüdigkeit ist ohne allen Zweifel dieselbe Erscheinung, wie die Unverträglichkeit, nur durch fortgesetzten Anbau von chronischem Charakter geworden, und wiederum dasselbe, wie bei flachwurzelnden Pflanzen, wenn der Boden durch anhaltenden Anbau ohne entsprechende Düngung auf längere Zeit gründlich erschöpft ist. Würde die Unverträglichkeit oder Müdigkeit nicht auf einer Bodenerschöpfung, sondern allgemein auf der Einwirkung von Pilzen oder Thieren allein beruhen, so müsste der Charakter dieser Erscheinung ein periodischer sein, sie müsste auftreten und verschwinden, wie man diess bei Pflanzenkrankheiten und Insekten stets beobachtet hat. Eine absolut starke Ausbeutung des Untergrundes ist übrigens für die Erschöpfung desselben durchaus nicht erforderlich. Wenn der Klee seiner Natur nach hinsichtlich der Nährstoffaufnahme theilweise auf tiefere Schichten angewiesen ist, wird es für die Erschöpfung derselben gleichgültig sein, ob der Betrag der Aufnahme aus jenen kleiner oder grösser ist. Die frühere oder spätere Störung eines von Anfang bestandenen günstigen Nährstoffverhältnisses im Untergrunde kann durch geringe Mengen einzelner Nährstoffe oder selbst eines Einzigen, welche entzogen werden, veranlasst sein und hat für den Augenblick ganz den-

selben Effect, wie eine absolut starke Verminderung aller Nährstoffe. Kali und Phosphorsäure sind in der Regel im Untergrunde selbst guter Böden im Vergleich zur Ackerkrume spärlicher vorhanden; es gehört nicht viel dazu, um den Untergrund an diesen Nährstoffen zu erschöpfen, für welche gerade einem Ersatze durch Düngung von der Ackerkrume aus die grössten natürlichen Schwierigkeiten im Wege stehen. Wenn man anführt, dass der Klee gegen Kopfdüngung mit Jauche, Gyps oder Guano selbst im dritten Jahre, in welchem man annimmt, dass seine Wurzeln am tiefsten sind, sehr dankbar sei, so hat diess einfach darin seinen Grund, dass den oberen Wurzeln, die in der Ackerkrume thätig sind, Nahrung zugeführt wird, von welcher die Pflanze natürlich profitirt, so lange sie lebt. Uebrigens befindet sich ein Klee im dritten Jahre am Ende seiner Laufbahn und kommt eine Kopfdüngung zu spät, welche beweisen soll, dass er nur an der Oberfläche und nicht auch im Untergrunde ernährt zu werden braucht. Es beweist jene Thatsache nur, dass der Klee in der Ackerkrume viele Wurzeln hat, durch deren Düngung ein Erfolg erzielt werden kann, aber niemals, dass er nicht auch auf den Untergrund mit seiner Ernährung angewiesen ist. Der Hopfen erhält allerdings im Verhältniss zu seiner tiefen Bewurzelung immer nur eine oberflächliche Düngung und gedeiht vortrefflich. Daraus folgt aber nicht, dass er auf flachem Boden dabei ebenso gedeihen könnte. Jedermann weiss, dass er trotz aller Düngung auf einem solchen Boden nur ein paar Jahre wächst und nie zu einem guten Ertrage kommt. Alle tiefwurzelnden Pflanzen sind nun einmal in ihrer Dauer und Ertrag vom Untergrunde abhängig; wenn nachgewiesen ist, dass aufnahmehätige Wurzelfasern in demselben sich vorfinden, so findet auch eine Aufnahme

von Nährstoffen statt, die nothwendig früher oder später zur Erschöpfung führt.

Eine andere Frage ist die, ob nicht die tiefwurzelnden Pflanzen durch besondere Mittel und wie weit zu einem Aufgeben ihres constitutionellen Tiefganges veranlasst und aus den oberen Schichten ernährt werden könnten. Dass diess bis zu einem gewissen Grade möglich, ist experimentell schon versucht worden, im Grossen aber, wenn die Pflanzen der freien Witterung überlassen sind, so viel bekannt nirgends. Es fragt sich auch sehr, ob die zu Flachwurzlern gemachten Tiefwurzler in ihrem Feuchtigkeitsbedürfniss und der so sehr davon abhängenden Existenz hinreichend gesichert wären. Dass gepflanzte Rüben, welche durch das Pflanzen flacher wurzelnd geworden sind, leicht an Trockenheit leiden, wurde schon früher berührt. Das Verpflanzen scheint überhaupt das einzige Mittel zu sein, welches ein Flacherwurzeln, bis zu einem gewissen Grade erreichen lässt. Gasparin *) führt in dieser Beziehung zwei interessante Thatsachen an, welche zugleich für die Erschöpfung des Untergrundes sprechen und hier eine Stelle finden mögen. Er nimmt als allgemeine Erfahrung von der Luzerne an, dass sie einen grösseren Theil ihrer Nahrung aus dem Untergrunde aufnehme und in Folge dessen bei wiederholtem Anbau weniger gut gedeihe und ihre Lebensdauer abkürze. Als ein im Grossen freilich kaum ausführbares Mittel ihren Anbau fortzuführen, empfiehlt er nun, sie zu versetzen, die Pfahlwurzel vorher abzuschneiden und dadurch die Pflanze zu veranlassen, dass sie nunmehr reichliche Seitenwurzeln treibt, welche sie aus der Ackerkrume ernähren. So behandelte Luzerne wuchs nach seinen Versuchen auf luzerneerschöpftem

*) Cours d'Agriculture par le Comte de Gasparin, V. p. 32 u. 33. Paris 1848.

Boden ebenso gut, wie auf solchem, welcher nie welche getragen hatte. Als ein praktisch ausführbares Mittel aber empfiehlt er, die Luzerne nicht länger als höchstens bis Ende des vierten Jahres stehen zu lassen, ehe sie in die tieferen Schichten eindringt. Uns scheint ein Erfolg hievon unsicher, weil ohne Zweifel die Luzerne sich dann wie der Rothklee verhielte. Liesse man aber solche Luzerne mit Rothklee abwechseln, so würde wohl durch die Abwechslung oder vielmehr durch die in Folge der Abwechslung erlangte längere Zwischenpause bis zur Wiederkehr ein Erfolg erzielt werden können. Vom Lein, der bekanntlich eine tiefe Pfahlwurzel besitzt, gibt sodann Gasparin an, dass er erfahrungsmässig um so später auf dasselbe Land wieder gebracht werden könne, je tiefer der Boden ist und je mehr die Wurzel in denselben eindringt. Er baute nun versuchsweise auf einem gut gedüngten Lande, in welchem in 20 Ctm. Tiefe ein unterliegendes Steinpflaster sich befand, damit die Wurzeln nicht tiefer dringen konnten, acht Leinernten hintereinander, von denen die letzte ebenso befriedigend war, wie die vorhergehenden. — Beim Lein treffen mehrere Umstände zusammen, um ihn zu einer erschöpfenden, auch mit sich selbst und Halmfrüchten unverträglichen Pflanze zu machen. Er ist tiefwurzelnd, etwa wie Erbsen, hat eine wenig verzweigte Pfahlwurzel mit spärlichen Fasern, ärmliche Blätter und eine kurze Vegetationsperiode, dazu kommt, dass er in der Regel gerauft wird und daher keine grösseren Wurzelrückstände hinterlässt. Uebrigens gedeiht er auf sehr gutem, gedüngtem Boden häufig nach sich selbst und ebenso auch Halmfrüchte nach ihm. Auch bei den Erbsen gilt als Regel, sie vor sechs bis neun Jahren nicht wieder folgen zu lassen. Die Erschöpfung des Bodens durch sie scheint jedoch nicht so allgemein zu sein, wie bei Klee, da man in manchen Gegenden jene Regel nicht kennt oder nicht beachtet. —

Alle tiefwurzelnden Pflanzen haben den Vorzug der grösseren Sicherheit gegen Trockniss und wächst diese mit der Tiefe der Bewurzelung. Am meisten leiden bekanntlich von Trockenheit die Getreidearten und Gräser, am wenigsten Klee, Luzerne, Esparsette, gesäete Rüben u. s. w. Die tiefgehenden Wurzeln haben unter Anderem die Funktion der Wasseraufnahme, ihnen aber allein oder vorzugsweise diese Aufgabe zuzuschreiben, womit man die Bedeutung der tiefen Wurzeln auch wohl erklären wollte, sind wir nicht berechtigt; wir können uns überhaupt keine Wasseraufnahme aus dem Boden denken ohne eine damit verbundene Aufnahme gelöster Substanzen, welche immer im Bodenwasser enthalten sind.

Auf die Annahme tieferen Wurzels und der Erschöpfung des Untergrundes gründen sich die Idee der Tiefdüngung, sowie die Grundlagen zu einer neuen Methode der Tiefcultur, welche Prof. Dr. W. Funke zuerst ausgesprochen und auf der Hohenheimer Versuchsstation mittelst eines von ihm erfundenen „Untergrunds-Düngepflugs“ versucht hat.*) Unserer Ansicht nach müsste sich diese Tiefdüngung, welche bis in 40—43 Ctm. geht, für Hülsenfrüchte, Lein, Raps am unmittelbarsten und deutlichsten aussprechen. Den Klee mit seinen tiefergehenden Wurzeln erreicht sie direct ohne Zweifel nicht so leicht mehr und müsste für diesen vielleicht noch tiefer oder aber entsprechend früher gegeben werden, um den Nährstoffen Zeit zum Eindringen zu den tieferen Kleewurzeln zu lassen. Ohne allen Zweifel ist der Gedanke der Untergrundsdüngung vollständig in der Natur der betreffenden Pflanzen und des Bodens begründet und eine Consequenz der intensiveren Cultur. Wie man anfing den Boden mit fortschreitender Cultur tiefer zu bearbeiten,

*) Ueber Untergrundsdüngung und einen Untergrundsdüngepflug etc. von Prof. Dr. W. Funke, Berlin 1872.

so muss man auch anfangen ihn tiefer zu düngen. Mechanische Schwierigkeiten sind aber, wo die Dampfkraft sich eingeführt hat, nicht mehr vorhanden. Vorläufig befindet sich diese Tiedüngung noch im Stadium des Versuchs. —

Die Bedeutung verschiedener Wurzeltiefen unserer Culturpflanzen liegt, wie wir sehen, hauptsächlich in der Ausbeutung verschiedener Bodenschichten an Nährstoffen. Es folgen daher im Allgemeinen flachwurzelnnde Pflanzen leicht auf tiefwurzelnnde. Mit dem bedeutenderen Tieferwurzeln ist meist eine längere Lebensdauer verbunden und in der Regel auch bedeutendere Wurzelentwicklung in den obersten Bodenschichten, die zum Theil durch Verdickung der älteren Wurzeltheile, zum Theil auch durch jährliche Neubildung junger Wurzeln entsteht. Gleichwohl findet eine Erschöpfung der Ackerkrume gerade durch diese Pflanzen in geringerem Grade statt, weil eben ein grosser Theil der fixen Nährstoffe in den zahlreichen organischen Rückständen derselben verbleibt, zum Theil sogar eine Zufuhr aus den tieferen Schichten stattfindet, welcher übrigens eine, wenn auch geringere Abfuhr durch die wachsenden Wurzeln in die tieferen Schichten entspricht. Die Unverträglichkeit mit sich selbst zeigt sich auch nicht im ersten oder zweiten, sondern erst in den folgenden Jahren, beim Tieferdringen der Wurzeln. — Die verschiedenen tieferwurzelnnden Pflanzen nehmen ihre Nährstoffe in verschiedenen, absoluten und relativen Mengen auf und sind daher unter einander ziemlich verträglich, so folgen verschiedene Kleearten ohne Schwierigkeit nach wenigen Jahren auf einander, z. B. Rothklee auf Bastardklee und umgekehrt, Luzerne auf Rothklee, Esparsette u. s. w. In der Verschiedenheit der Ausbeutung der tieferen Schichten, derselben Erscheinung, wie bei den flachwurzelnnden Pflanzen in der Ackerkrume, liegt die Möglichkeit, auch die

tieferwurzelnden bei passender Abwechslung in grösserem Verhältniss anzubauen, und damit die Schwierigkeit der Unverträglichkeit mit sich selbst für denselben öfteren Anbau zu umgehen. Vorderhand besitzen wir darin das Hauptmittel, um den Anbau der tieferwurzelnden Pflanzen auszudehnen und zu sichern, welches in dem Falle auch ein absolutes ist, wenn bei vollständigem Ersatz der entzogenen Nährstoffe in die Ackerkrume durch den Wechsel hinreichende Zeit gewonnen wird, damit auf natürlichem Wege die Nährstoffe in der für die einzelnen Pflanzen erforderlichen Menge wieder in den Untergrund gelangen, was durch tiefere Bearbeitung und Tiefdüngung wesentlich beschleunigt werden kann. — Freilich sind die hier erörterten Erscheinungen noch keineswegs klar und bleibt der Forschung, welche allein die Fragen definitiv entscheiden kann, noch ein weites Feld zur Bearbeitung. Versuche sind hier äusserst schwierig anzustellen und jedenfalls durch Jahre fortzusetzen. Als besonders wichtige Fragen erscheinen uns: wenn die Tiefwurzler ihre Saugfasern in den Untergrund senden und damit Nahrung aufnehmen, was uns, wie die Erschöpfung des letzteren erwiesen zu sein scheint, wie verhält sich dann die Aufnahme aus dem Untergrunde zu der gleichzeitigen Aufnahme aus der Ackerkrume, kann die Ackerkrume und wie weit in Beziehung auf die Ernährung für die tieferen Schichten eintreten, und welchen Antheil hat bei den Tiefwurzlern die grössere Feuchtigkeit der tieferen Schichten an der Rolle, welche letzteren für die Pflanze zugewiesen ist? — Eine fortlaufende Behandlung dieses Gegenstandes und kritische Beurtheilung der einschlägigen Arbeiten findet sich ganz besonders in dem Jahrbuche der Landwirthschaft von Dr. W. Schumacher in den Jahrgängen 1868—69—70. —

II.

Wir haben seither gezeigt, wie sich die verschiedenen Culturpflanzen hinsichtlich der Ausbeutung des Bodens und seiner Schichten verhalten und dabei die Mitwirkung der atmosphärischen Nährstoffe vorausgesetzt. Wir haben nunmehr die Bedeutung der letzteren für die Production zu erörtern, indem wir die fixen Nährstoffe als mitwirkend voraussetzen. — Ursprünglich war es die atmosphärische Luft, welche als einzige Quelle atmosphärischer Nährstoffe (Kohlensäure und Ammoniak) für die Production organischen Stoffes, den Blättern der Pflanzen zur Verfügung stand bis die vergehende Vegetation in der Zersetzung ihrer dem Boden zugefallenen organischen Substanz den Wurzeln der folgenden, und sofort jede frühere der späteren, im Boden eine neue Quelle jener Nährstoffe eröffnete, welche für sich und zugleich durch ihren Einfluss auf die fixen Nährstoffe von jetzt an eine höhere Production möglich machte. Die organische Substanz des Bodens, in deren Bedeutung das ganze Verhältniss der atmosphärischen Nährstoffe zu den Pflanzen, sowie ein grosser Theil der wechselseitigen Beziehungen von Boden und Luft enthalten sind, bietet uns den besten Ausgangspunkt für die Entwicklung des zweiten Abschnittes unseres Themas.

Bei der wildwachsenden Vegetation mittlerer Breiten sammelt sich nach und nach eine gewisse Humusmenge im Boden und an der Oberfläche als Decke an, welche durch Zersetzung abgestorbener Pflanzen und Pflanzentheile entsteht, die dem Boden während und nach Abschluss der Vegetation zugefallen sind. So fällt das ganze organische Product aus Boden und Atmosphäre nach und nach dem ersteren anheim und bereichert ihn um die Bestandtheile der aus der Atmosphäre für die Production entnommenen Nähr-

stoffe. Bei den einjährigen Pflanzen besteht jene Masse alljährlich aus dem Product der vegetativen Thätigkeit Eines Jahres, bei den mehrjährigen und ausdauernden aber neben einem kleineren Jahresproduct an abfallenden Blättern und Pflanzentheilen erst nach abgeschlossener Vegetation aus dem ganzen, in kürzeren oder längeren Perioden erzeugten Pflanzenmaterial.

Die im Boden und an seiner Oberfläche sich so ansammelnde Humusmenge hängt einerseits ab von der Menge der durchschnittlich während eines oder mehrerer Jahre erzeugten und absterbenden organischen Substanz, andererseits von der Schnelligkeit, mit welcher die Zersetzung und Auflösung der abgestorbenen Pflanzenmassen erfolgt, mit anderen Worten von dem Verhältniss der Intensität, in welchem der Wachstums- und Zersetzungsprocess der organischen Substanz zu einander stehen. Wird während einer Wachstumsperiode die ganze Menge dem Boden zufallender organischer Substanz zersetzt und aufgelöst, so kann sich keine Anhäufung von Humus dauernd bilden; betrifft die Auflösung aber nur einen Theil jener Menge, und bleibt der andere übrig, um erst im nächsten und in den folgenden Jahren völlig zersetzt zu werden, so wird eine entsprechende Anhäufung von Humus stattfinden. Weil nun in jedem Klima alle Jahre bei gleichbleibenden Bedingungen des Wachstums durchschnittlich gleich viel an organischem Abfallmaterial producirt und hievon ein gleich grosser Theil zersetzt wird, so muss auch die Grösse des unzersetzt bleibenden Theiles gleich und im Laufe der Jahre constant bleiben. Ob sich dieser Vorgang innerhalb Eines Jahres, wie bei den einjährigen Pflanzen, oder innerhalb vieler Jahre bei mehrjährigen vollzieht, bleibt für unser Verhältniss im grossen Ganzen gleich, wenn auch anzunehmen ist, dass durch die Verschiedenheit der Jahreswitterung, oder

bei vieljährigen Pflanzen, wo auf einmal grössere Massen von Pflanzensubstanz dem Boden zufallen, der Zersetzungsprocess verschieden schnell ausfällt und mancherlei Schwankungen in der Menge des jährlich sich bildenden Humus nothwendigerweise entstehen. Die Intensität jener beiden für die Humusansammlung in entgegengesetzter Weise thätigen Processe hängt ab von der Verschiedenheit der Wärme und Feuchtigkeit der Climate und bringt, abgesehen von der Qualität, quantitativ sehr verschiedene Effecte in der Menge des angesammelten Humus hervor. Unter den Tropen, bei der höchsten Energie des Wachstumsprocesses an der Erdoberfläche, herrscht gleichzeitig die grösste Intensität in der Zersetzung und Auflösung der abgestorbenen Pflanzen. Die Zersetzung geht hier so energisch vor sich, dass man, wie Augenzeugen*) berichten, selbst im Dickicht des Urwaldes den nackten Mergel- und Sandboden in seiner natürlichen Farbe unverändert findet. Eigentlicher Humusboden findet sich unter dem Aequator erst in einer Höhe von 7—8000' auf dem Plateau der Anden. Es versteht sich von selbst, dass auch in den Tropen beim plötzlichen Anfall grosser absterbender Pflanzenmassen vorübergehend und unter local besonders günstigen Umständen, welche die Zersetzung verlangsamen, selbst grössere Ansammlungen von Humus vorkommen können. Dem Mangel an Humus unter den Tropen entspricht sodann das Fehlen von Torfmooren.***) Bei der hohen und gleichmässigen Temperatur jener Gegenden findet auch unter Wasser die Zersetzung der vegetabilischen Substanzen so rasch statt, dass keine Ansammlung derselben für die Torf-

*) Beitrag zur Kenntniss des Verwesungsprocesses von H. Karsten, Poggendorf's Annalen, Bd. 109. S. 346 u. f.

**) J. B. Boussingault, die Landwirthschaft in ihren Beziehungen zur Chemie, Physik und Meteorologie, übersetzt von Dr. Gräger, 2. Aufl. 2. Bd. S. 71.

bildung zu Stande kommen kann. Auf der anderen Seite zeigen Beobachtungen im hohen Norden (Spitzbergen, Labrador), dass die abgestorbenen Pflanzen in Folge äusserst träger Zersetzung sehr lange sich erhalten und fast unverändert nach und nach in grossen Massen sich anhäufen*). Hier ist es auch, wo die Bildung von Torfmooren zu einer eigentlich typischen Erscheinung wird. In den zwischen diesen beiden Grenzgebieten liegenden Breiten müssen sich nun am Boden verschiedene Humusmengen anhäufen nach Massgabe sowohl der erzeugten organischen Substanz, als des stattfindenden Zersetzungsprocesses und zwar im Allgemeinen von Süden nach Norden zu in steigendem Verhältniss. Man könnte sich, unter der Voraussetzung, dass die producirt organische Substanz ihrer Menge nach überall an der Erde gleich gross wäre, die entstehende Humusschichte als eine Decke vorstellen, die nach Norden zu gleichmässig immer mehr an Dicke zunähme und in den beiden Grenzgebieten die kleinste und grösste Mächtigkeit erreichte. Diess ist nahezu der Fall, obgleich jene Voraussetzung nicht zutrifft, denn wenn auch in dem Masse, als nach Norden zu die absoluten Werthe von Wärme und Feuchtigkeit abnehmen, die Vegetation sich weniger productiv gestaltet, und ebenso die Zersetzung der organischen Substanz immer träger und langsamer verläuft, so ist doch die Abnahme der Intensität der beiden Processe, welche am Aequator sich die Wage halten, sofern gleichviel zersetzt, als an absterbenden Massen producirt wird, keine gleich grosse. Während nämlich der Vegetationsprocess in Folge der Wärmeabnahme nach Norden zu in seiner Dauer zwar abnimmt, ist diess hinsichtlich seiner Intensität viel weniger der Fall, weil die Länge der

*) Das Pflanzenleben der Erde von Dr. Wilh. Kabsch, 1865. S. 87.

Tage die Kürze der Vegetationszeit im vegetativen Effecte wesentlich verbessert, so dass er selbst im hohen Norden immer noch verhältnissmässig energisch und ausgiebig verläuft. Die Intensität des Zersetzungsprocesses der organischen Substanz aber wird nach Norden zu nicht bloss schon durch die Abnahme der Sonnenwärme in steigender Progression verlangsamt, sondern ausserdem durch die zunehmende Häufigkeit der Niederschläge und abnehmende Verdunstung noch weiter deprimirt. Weil daher vom Aequator an nordwärts die Intensitätsabnahme der Zersetzung der organischen Substanz viel bedeutender ist, als die der Production derselben, als einer vom Lichte bedingten organischen Arbeit, so wird trotz der absoluten Abnahme der letzteren doch bis zu den höchsten nördlichen Breiten ein stetiges, relatives und absolutes Anwachsen der Humusschichte des Bodens entstehen, so weit die Temperaturabnahme eine gleichmässige ist. Es ist aber bekannt, dass die durchschnittliche Wärmeabnahme vom Aequator nach den Polen zu in den Parallelkreisen von 40—50° schneller, als südlicher und nördlicher vor sich geht. Da nämlich in diesen Breiten die Niederschläge sich bereits gleichmässig durch's ganze Jahr vertheilen und die Zunahme der Sommertageslänge anfängt fühlbar zu werden, ohne dass die Vegetationsdauer erheblich abgekürzt ist, so fällt der Vegetationsprocess noch sehr energisch aus, während der Zersetzungsprocess schon stark deprimirt ist und die Folge dieser Umstände muss eine entsprechend stärkere Zunahme der Humusansammlung, als nördlicher und südlicher in jenen Breiten sein, von denen Alexander von Humboldt sagte,*) „dass nirgends auf dem Erdboden von Süden nach Norden zu die Erzeugnisse des Pflanzenreichs und Ackerbaus mannigfaltiger und schneller auf einander folgen.“ Wir können nun unsere anfängliche

*) Der Kreislauf des Stoffs von Dr. W. Knop, 1868, S. 360.

Vorstellung von der Humusdecke als einer gleichmässig nach Norden wachsenden Schichte dahin berichtigen, dass wir uns vielmehr denken, die Höhe der Humusschichte des Bodens sei in den Tropen gleich Null, nehme von da an nordwärts relativ d. h. im Verhältniss zur producirten organischen Substanz und absolut langsam zu, erfahre in den Breiten von 40—50° in Folge rascherer Temperaturabnahme eine schnellere Zunahme, die sich weiter nördlich mit bedeutender Abnahme der Production von organischer Substanz wieder langsamer gestaltet, bis die grösste Ansammlung im hohen Norden entsteht, wo die vegetabilischen Reste durch lange Jahre hin fast unverändert bleiben.

Wir sind weit entfernt, den Anspruch auf absolute Richtigkeit dieser Aufstellung zu machen, was überhaupt nur auf Grund von zahlreichen einschlägigen Beobachtungen geschehen könnte, an denen es hier fast gänzlich fehlt, allein wir glauben, dass, ohne weiter die Modificationen zu besprechen, welche durch den Einfluss des See- und Continentalklimas, der Ost- und Westküsten, der örtlichen Lage und des Bodens in der Humusansammlung entstehen müssen, für unseren Zweck vorläufig genügt, überhaupt das Verhältniss der Production von organischer Substanz zu deren Anhäufung als Humus im Boden als unter dem Einflusse der klimatischen Factoren stehend dargelegt zu haben. Dasselbe Verhältniss, welches unter dem Einfluss der Breite entsteht, wird natürlich auch durch verticale Erhebung hervorgebracht. Mit der Höhe, wie mit der Breite, nimmt die Dicke der Humusschichte des Bodens zu, wobei wieder die Modificationen des Klimas, der Lage und des Bodens in gleicher Weise von Einfluss werden. Von besonderem Interesse für diese Verhältnisse sind die Versuche von Peters *)

*) Landwirthschaftliche Versuchsstationen IV. S. 177 u. f.

über den Einfluss, welchen eine höhere Temperatur auf den Verwitterungs- und Verwesungsprocess in der Ackererde ausübt. Aus diesen Versuchen, welche mit humusarmen und humusreichen Erden angestellt sind, ergibt sich, dass eine höhere Bodentemperatur in der humusreicheren Erde die Auflösung der sämtlichen Pflanzennährstoffe, besonders von Kali und Phosphorsäure, wie auch die Zersetzung der organischen Substanz sehr erheblich steigert und die Production der letzteren, namentlich die Assimilation von Stickstoff und die Bildung von Proteïnstoffen wesentlich befördert. In Folge der Erwärmung der Erden von der gewöhnlichen Temperatur um 8—10° C. wurden durch Zersetzung in der humusarmen Erde 256 Gr. gegen 572, in der humusreichen 368 Gr. gegen 1023 an Kohlensäure gebildet. „Bei den erwärmten Erden trat die Verwesung des Humus so rasch*) ein, dass die hiedurch gebildete Kohlensäure zur Deckung des Bedarfs der Pflanzen an Kohlenstoff ausreichte; bei den nicht erwärmten hatten die Pflanzen dagegen mehr Kohlenstoff in organische Verbindungen übergeführt, als durch Oxydation des Humus in unorganische Verbindung zurückgieng.“

Auf Grund unserer Auseinandersetzung ist man nun wohl berechtigt anzunehmen, dass in jedem Klima bei freier natürlicher Vegetation eine constante Humusschichte von grösserer oder kleinerer Dicke sich bildet, welche im Allgemeinen von der Breite und Meereshöhe abhängt und weiter dann durch Lage und Bodenbeschaffenheit modificirt

*) Beachtenswerth in dieser Beziehung ist auch eine Bemerkung von Boussingault, dass die Landbebauer in den Aequatorialgegenden und schon in Oberitalien und Algier dem Boden nur eine oberflächliche Bearbeitung angedeihen lassen, um die zu rasche Zersetzung der organischen Substanz im Boden zu mässigen und demselben die Bedingungen seiner Fruchtbarkeit möglichst zu erhalten.

wird. Der Sandboden z. B., an und für sich weniger befähigt zu einer kräftigen Vegetation, beschleunigt den Zersetzungsprocess in höherem Grade, während der für die Production mehr befähigte Thonboden seiner niederen Temperatur und Geschlossenheit wegen zur Anhäufung von Humus tauglicher sich verhält. Unter besonders günstigen Verhältnissen, wo local vermehrte Feuchtigkeit die Temperatur niedrig hält und die Luft abschliesst, findet dann eine besondere Vermehrung der Humusbildung statt, die im Norden und in grösserer Höhe zu einer Wasservegetation und Bildung von Torfmooren führt. —

Die Humusportion, welche jedes Klima seinem Boden hienach bereitet, hat in erster Linie für das Gedeihen der Pflanzen neben der physikalischen so zu sagen eine klimatische Function, indem der Humus einerseits auf dem Thone lockernd, Wärmeabsorbirend und Feuchtigkeitsvermindernd wirkt, andererseits auf dem Sande Feuchtigkeitsvermehrend, Wärme und Lockerheit mässigend. In chemischer Beziehung sodann liefert der Humus durch Zersetzung den Pflanzenwurzeln eine ausgiebige Kohlenstoff- und Stickstoffquelle, welche im Zusammenwirken mit den vorhandenen und durch die Zersetzungsproducte der organischen Substanz reichlicher zur Auflösung gebrachten fixen Nährstoffen üppigere, kohlenstoff- und stickstoffreichere Pflanzen hervorbringt. *) Diese

*) Es gilt allgemein der Satz, dass der Kohlensäuregehalt der Atmosphäre allein ausreiche, um jede Pflanze hinreichend mit Kohlenstoff zu versorgen, dass die Pflanzen daher keiner Kohlensäurezufuhr durch die Wurzeln bedürfen und die Sorge um die Kohlensäure füglich der Natur überlassen bleiben könne. Knop in seinem bereits genannten vortrefflichen Werke führt S. 611 als schlagenden Beweis hiefür die That-
sache an, dass bei Wasserculturversuchen die Pflanzen durch die Wurzeln ganz beträchtliche Mengen von Kohlensäure in die Flüssigkeit, welche sie umspülen, abscheiden, dass überhaupt diese Ausgabe von Kohlensäure durch die Wurzeln viel grösser ist, als die Zufuhr zu den-

Wirkung des Humus steht bei entsprechendem Gehalt des Bodens an fixen Nährstoffen unter sonst gleichen Umstän-

selben aus der Atmosphäre, so dass diese der Pflanze daher nicht zu Gute kommt. Gleichwohl scheint es nach den folgenden Versuchen zweifelhaft, ob dasselbe Verhältniss auch in natürlichem Boden besteht, ob nicht dieser Satz nur in sofern gilt, als es sich überhaupt um die Möglichkeit der ausschliesslichen Benützung der atmosphärischen Kohlensäurequelle, nicht aber, wenn es sich um die Erzeugung grösserer Mengen von organischer Substanz oder eines Maximums in einer gegebenen Zeit handelt, wie diess in der landwirthschaftlichen Cultur angestrebt wird. Atmosphärische und fixe Nährstoffe wirken in genau bestimmten Verhältnissen zusammen für die Production gewisser Mengen organischer Substanz. Bei einer bestimmten, selbst grossen Menge von fixen Nährstoffen könnte die atmosphärische Kohlensäure oftmals zu einer landwirthschaftlich befriedigenden Production in der Hauptsache wohl ausreichen, während diess für eine noch höhere und vollends höchst mögliche Production in kürzerer Zeit doch nicht der Fall wäre. Es fragt sich, ob man für die landwirthschaftliche Production schlechtweg sagen kann, dass die Pflanzen ihren Kohlenstoffbedarf aus der Luft zu decken vermögen, ob dieser Satz nicht immer nur für eine gewisse, verhältnissmässig niederere Höhe der Production in der Zeit gilt. Es sind freilich kaum hinreichend exacte Versuche bekannt, aus denen unzweifelhaft hervorgeht, dass eine Zufuhr von Kohlensäure durch die Wurzeln neben der durch die Atmosphäre den Blättern dargebotenen von directem höherem Erfolg für die Production begleitet ist. Ein Versuch von Sennebier, der zwar in anderer Absicht angestellt ist, welchen Boussingault (a. a. O. I. S. 40) anführt, wo von zwei Pfirsichzweigen der eine mit seinem Schnittende in die Luft, der andere in Kohlensäurehaltiges Wasser eintauchte, zeigt, dass der letztere nahezu das doppelte an Kohlensäure zersetzte und entsprechend Sauerstoff entwickelte, als der erstere. Die Versuche von A. Stöckhardt (Versuchsstationen I. S. 21) über den Einfluss einer Zufuhr von Luft, Kohlensäure und Ammoniak zum Boden auf das Pflanzenwachsthum und die Aufschliessung von Bodenbestandtheilen, und ebenso die oben schon mitgetheilten von Peters (Versuchsstationen IV. S. 117 u. f.) über den Einfluss einer höheren Bodentemperatur auf den Verwitterungs- und Verwesungsprozess erweisen strenggenommen ein durch Kohlensäurezufuhr im Boden direct vermehrtes Wachsthum nicht, weil in Beiden gleichzeitig eine vermehrte Aufnahme von Stickstoff und löslichen fixen Nährstoffen stattfand, wenn man auch eine solche Wirkung der Kohlensäure vermuthen mag. Jedenfalls aber müssen wir annehmen, dass überhaupt durch Zufuhr von atmosphärischen Nährstoffen (Kohlensäure und Ammoniak) im Boden,

den genau im Verhältniss zu seiner Menge und der Raschheit seiner Zersetzung, welche vom Klima bestimmt sind. Die unter gegebenen Bodenverhältnissen höchst mögliche Production wird daher nur bei der klimatisch normirten Humusmenge des Bodens erreicht, deren Wirkung im Ganzen derjenigen eines wärmeren Klimas gleichkommt; es ist daher auch ein Boden, welcher wegen der natürlichen Gunst seiner Beschaffenheit keiner Regulirung der physikalischen Verhältnisse bedarf, der höchst möglichen Production nur fähig unter Beihülfe jener Humusmenge. Endlich bewirkt noch der Humus durch die Substanzen, welche sich bei

welche durch die Zersetzung der organischen Substanz entsteht, und namentlich auch von Kohlensäure, sei es nun direct oder bloss indirekt Seitens dieser, eine beträchtliche Steigerung der Production erfolgt. Da fixe und atmosphärische Nährstoffe zusammenwirken, so wird jedoch die Zufuhr von organischer Substanz immer einen durch die Menge der fixen Nährstoffe beschränkten Erfolg haben. Liebig spricht sich hierüber sehr deutlich aus, indem er sagt, dass, „um ein Maximum von Grösse in der gegebenen kurzen Periode des Lebens zu erlangen, die in der Atmosphäre enthaltene Nahrung nicht hinreicht. Es muss für sie, wenn die Zwecke der Cultur erreicht werden sollen, in dem Boden selbst eine künstliche Atmosphäre von Kohlensäure und Ammoniak geschaffen werden und dieser Ueberschuss von Nahrung, welcher den Blättern fehlt, er muss den ihnen entsprechenden Organen, welche sich im Boden befinden, zugeführt werden.“ (Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie von Justus von Liebig, achte Auflage I. S. 211.) Liebig sieht die Wirkung des Humus in einer beschleunigten Entwicklung der Pflanze, in einem Gewinn an Zeit und darauf kommt es hauptsächlich bei der Cultur an. Es ist klar, dass, wenn einer Pflanze bei denselben fixen Nährstoffen gleichzeitig in der Atmosphäre und im Boden, also in der Zeiteinheit eine grössere Menge von Kohlensäure (und Ammoniak) dargeboten wird, sie schneller wachsen kann, als wenn diess nur in der Atmosphäre allein stattfindet. In höherem Grade ist es die junge Pflanze, die noch keine oder wenig Kohlensäure (und Ammoniak) durch die Blätter aufnehmen kann, welche von diesen Nährstoffen des Bodens profitirt und für die ganze Zeit ihres Lebens einen Vorsprung erhält. Auch E. v. Wolff spricht sich in diesem Sinne aus. Praktische Düngerlehre von Prof. Dr. E. v. Wolff, 4. Aufl. 1872. Von der Bedeutung der Stickstoffnahrung im Boden wird später die Rede sein.

seiner Zersetzung erzeugen, ein tieferes Eindringen*) der fixen Nährstoffe in den Boden, indem dieselben die Absorption der in den oberen Schichten gelösten Nährstoffe hindern und das Gelangen der letzteren in tiefere Bodenschichten gestatten. Dieses Verhältniss, auf welches unseres Wissens zuerst Knop aufmerksam gemacht hat, ist für den auf natürlichem Wege durch Abwärtsdringen der mineralischen Nährstoffe sich vollziehenden Ersatz in die tieferen Bodenschichten besonders wichtig. Der Bestand des Waldes, welcher dem Verhältniss der wildwachsenden Vegetation ziemlich nahe kommt, ist in unserem Klima um so ertragsreicher und gesicherter, je weniger die natürliche Ansammlung von Humus, welche unter den gegebenen Verhältnissen stets die grösstmögliche ist, von Menschenhand gestört wird. Der Eingriff in die natürliche Humusan Sammlung wird um so bedenklicher, je ungünstiger die Bodenverhältnisse sind, je mehr dieselben des Humus als Regulators ungünstiger physikalischer und klimatischer Verhältnisse und als Ernährers der Pflanzen bedürfen. Für die Sicherung der landwirthschaftlichen Production ist gleichfalls eine entsprechende Humusmenge nothwendig und auch hier um so mehr, je weniger die Boden und Klimaverhältnisse günstig sind. In Folge des Eingriffs der Cultur treten aber Modificationen ein, die wir zu besprechen haben.

In einem mit entsprechendem Humus versehenen landwirthschaftlichen Culturboden werden in der Zeit höhere Erfolge erzielt, als in der freien Natur. Die Bearbeitung des Bodens, die Düngung mit Stalldünger, welcher die organische Substanz in animalisirter Form in den Boden bringt, veranlassen eine viel raschere Zersetzung derselben, als in der freien Natur, eine im Verhältniss dazu gesteigerte Auflösung

*) Dr. W. Knop a. a. O. S. 556. 853.

von fixen Nährstoffen und bringen dadurch grössere Productionserfolge in der Zeiteinheit hervor, eine ähnliche Wirkung, wie sie ein wärmeres Klima hat. Freilich ist mit diesem rascheren Verlauf des Zersetzungsprocesses auch die Gefahr verbunden, Verluste an organischer Substanz zu erleiden, wenn nicht immer Pflanzen bereit sind zu der Verwendung der flüchtigen Zersetzungsproducte und diese ungenützt in die Luft entweichen, wie in Zeiten, wo der Boden während intensiver Zersetzung nicht mit thätiger Vegetation bedeckt ist und gleichzeitig wiederholter Bearbeitung unterliegt z. B. in der Sommerbrache, oder wenn das Feld im Umbruche und in der Stoppel liegt, in den Zwischenzeiten von der Ernte bis zur Saat. Zur Vorbeugung derartiger Verluste hat es der Landwirth in der Hand, die Intensität des Zersetzungsprocesses allein schon mit geschickter Benützung des Pfluges, der Egge und Walze durch Regulirung der zersetzenden Einwirkung der Luft und Feuchtigkeit auf die organische Substanz im Boden bis zu einem gewissen Grade nach seinen Wünschen einzurichten, sodann aber stehen ihm in dem besonders günstigen Verhalten gewisser Culturpflanzen, in der Art des Anbaus und der wirthschaftlichen Verwendung zahlreiche und noch wirksamere Mittel zu Gebot, um die erforderliche Humusmenge in seinem Boden zu erhalten oder die unzureichende zu vermehren.

Das ausgiebigste Mittel für die Vermehrung der humusbildenden Substanz des Bodens bestünde zunächst in einer Nachahmung des Vorganges in der freien Natur, wenn nämlich die ganze vegetabilische Masse einer Pflanze dem Boden einverleibt würde, wie diess zuweilen bei der Gründüngung geschieht. Den höchsten Effect erreichte man bei diesem Verfahren, wenn die Pflanzen in demjenigen Zeitpunkte, in welchem die grösste organische Masse gebildet, die Pflanzensubstanz aber noch grün und leichter zersetzbar ist, nämlich

in der Zeit um die Blüthe untergepflügt wurde. Da aber hiebei unmittelbar keine Production von thierischen Nahrungsstoffen erreicht wird, lässt sich dieses Mittel nur in beschränktem Masse anwenden. Zweckmässiger und unbeschränkter würde verfahren, wenn man die ganze erzeugte organische Substanz in Dünger verwandelte, was unter gewissen Umständen möglich wäre, nämlich bei dem Zusammentreffen der wirthschaftlichen und physischen Bedingungen einer ausschliesslichen Viehzucht. Dabei erlitte zwar die organische Substanz des verfütterten Rauhfutters beim Durchgang durch den Thierkörper einen durchschnittlichen Verlust von 50 Procent, allein nicht bloss wären Fleisch und Milch gewonnen, sondern der unverdauliche Rest der vegetabilischen Substanz im Dünger animalisirt und zu rascherer Zersetzung und schnellerer Wirkung befähigt geworden. Man wird der Wahrheit ziemlich nahe kommen, wenn man annimmt, man habe dabei an schnellerer Wirkung, in der Zeit reichlicher wiedergewonnen, was an Menge eingebüsst ist. Es kommt aber dazu noch, dass der verathmete Theil der organischen Substanz, welcher in die Atmosphäre gelangt, jederzeit wieder aus derselben, sogar unter gewissen Umständen in weit grösseren Mengen, entnommen werden kann. Es entsteht also für die Cultur durchaus kein ungünstigeres Verhältniss der Production, als in der freien Natur. Erfahrungsmässig bestehen solche ausschliesslichen Viehzuchtsbetriebe ausserordentlich gut, wozu freilich noch die für die Humuserzeugung so günstig angelegte Natur der perennirenden Futtergräser das Ihrige beiträgt, um deren Anbau es sich in solchen Wirthschaften in der Regel handelt. Weniger günstig gestaltet sich die Humuserzeugung dann, wenn ein grösserer oder kleinerer Theil der erzeugten Pflanzenmasse veräussert wird; am ungünstigsten, wenn diess namentlich mit solchen Rauhfutterstoffen geschieht, welche

sonst als Einstreu, unvermindert in ihrer Masse und durch Vermischung mit Excrementen zu schnellerer Zersetzung befähigt, dem Boden wiedergegeben würden. Viel weniger ungünstig für den Bestand der organischen Substanz im Boden wirkt die Veräusserung von Körnern, weil ihre Productionsgrösse überhaupt verhältnissmässig kleiner ist und weil, selbst wenn sie in der Wirthschaft verfüttert werden, nur wenige Procente ihrer organischen Substanz im Dünger wieder gewonnen würden. In dem Falle, wenn bei Körnerproduction nur die Körner veräussert, das Stroh aber als Streu zu Dünger verwendet wird, gestaltet sich das Verhältniss in Hinsicht auf die Menge der organischen Substanz im Boden sogar günstiger, als wenn die ganze Masse Körner und Stroh verfüttert würde, was natürlich nicht der Fall ist, wenn man den Stickstoff und die Mineralstoffe der organischen Substanz besonders in's Auge fasst. Wenn trotzdem bei ausschliesslicher oder schon überwiegender Körnererzeugung und Veräusserung eine Verminderung der Menge der organischen Substanz im Boden beobachtet wird und ohne Zuschuss an solcher in dem Düngermaterial von Wiesen und Weiden ein Rückgang unvermeidlich ist, so liegt diess in später zu besprechenden Ursachen, welche in hohem Grade die Zersetzung der organischen Substanz im Boden befördern. —

Unter den einzelnen Culturen erweisen sich am wirksamsten in der Erzeugung von Humus die Wiesen und Weiden. Bei der durch beständiges Abweiden fortdauernd in der jugendlichen Periode gehaltenen Vegetation der mehrjährigen und perennirenden Weidegräser wird die ganze Produktionsthätigkeit auf Neubildung von Wurzelfasern der Rhizome und unterirdischen Stengel, auf Entwicklung neuer Stengelsprosse und Blattbüschel, sowie Ansammlung von Material in diesen Theilen gerichtet, welches bestimmt ist,

zum Theil zur Entwicklung des jährigen blüthen- und samentragenden Stengels, dessen Ausbildung aber stets durch Abweiden verhindert wird, zum Theil aber zur Fortführung des Vegetationsprozesses im künftigen Jahre. Bei den Wiesengräsern geht die Vegetationsthätigkeit etwas weiter, weil sie in der Regel erst vor oder im Stadium der Blüthe gemäht werden. Der Ertrag von natürlichen Weiden, für welche keinerlei Aufwand an Bearbeitung und Düngung gewöhnlich gemacht wird, besteht ausser dem Weidefutter in dessen Dünger, der mit Ausnahme eines kleinen während des Weidens zurückbleibenden Theils in der Regel anderen Grundstücken zugeführt wird. Sodann sammeln diese Gräser durch das Absterben einer Generation um der andern in den Wurzelresten allmählich einen grösseren Humusvorrath an, der unter der schützenden Decke der lebendigen Grasnarbe nur langsam sich zersetzt und allmählich in jedem Klima bei gleichbleibenden Wachstumsbedingungen eine constante Grösse erreicht. Unter dem Einflusse des jährlich sich zersetzenden Humustheils wird nun mit den aus dem natürlichen Vorrathe des Bodens gelösten fixen Nährstoffen, denn ein Ersatz des Entzuges an solchen findet ja höchstens sehr unvollständig statt, und lediglich mit den selbst gesammelten atmosphärischen Nährstoffen des Bodens sowie der Luft eine fortdauernde Vegetation unterhalten, die allmählich je nach dem ursprünglichen Reichthum des Bodens früher oder später auf ein anscheinend constantes, in Wirklichkeit aber unmerklich kleiner werdendes Ertragsstadium herabsinkt. Die fixen Nährstoffe des Bodens und seiner Unterlage, so weit und so lange sie immer von Neuem aus diesen fliessen, bestimmen die Höhe des jährlichen Weideertrags und Humusmaterials im Boden. Da aber die Menge jener allmählig auf einen sehr geringen Betrag jährlich verwendbaren Anfalles herabgeht, können die trotz der gleichfalls,

jedoch langsamer sich vermindern den Menge des Humus verhältnissmässig reichlicher zu Gebote stehenden Nährstoffe des letzteren nicht entsprechend ausgenützt werden: es häufen sich atmosphärische Nährstoffe namentlich Stickstoff in grösserer Menge in der Rasennarbe an. Wird daher eine solche Narbe umgebrochen und das Stück anderweitig bebaut, so erntet man alsdann eine Reihe viel höherer Erträge der angebauten Pflanzen, weil jetzt jener Stickstoff und die organisch gebundenen Mineralstoffe des angesammelten Humus und der abgestorbenen Rasenpflanze nach und nach aufgelöst und aufnehmbar werden, überhaupt im Boden in Folge der Bearbeitung eine raschere Humuswirkung eintritt. Sind aber jene angesammelten Nährstoffe im Boden nach ein paar Erntejahren verbraucht, so sinken die Erträge schnell auf das frühere Minimum und sogar unter dasselbe herab, weil die Nährstoffe wieder aus dem ursprünglichen Vorrathe des Bodens genommen werden müssen. In ganz ähnlicher Weise verhalten sich ungedüngte, nicht bewässerte Wiesen, die schliesslich in ihrem Ertrage gleichfalls in einem anscheinend unveränderlichen Stadium anlangen, wo die fixen Nährstoffe in ein Minimum getreten sind, welches aber in der Regel hier höher liegt, als bei den Weiden oder später erreicht wird, weil überhaupt als Wiesen bessere Grundstücke benützt werden. Dabei findet auch hier eine Anhäufung von Humus statt, dessen Menge später, wie bei den Weiden, im Verhältniss zur Abnahme der Erträge sich gleichfalls stets auf einen nach Massgabe des Klimas bestimmten Betrag langsam vermindern wird. Bei Wasserwiesen beruht die Höhe des Ertrags auf der Menge der im Wasserwasser den Gräsern zugeführten, aufnehmbaren fixen Nährstoffe, welche einen mehr oder weniger vollständigen Ersatz der durch die Ernte weggenommenen und oft sogar mehr, als diesen, gewähren. Hin-

sichtlich des Bedarfs an Kohlensäure und Ammoniak ist die Wässerwiese in der Hauptsache gleichfalls auf die aus der Zersetzung der hier bedeutenderen Humusmenge der Grasnarbe stammenden und in der Luft sich darbietenden Mengen angewiesen. Dass diese Mengen selbst zur Produktion sehr bedeutender Erträge an organischer Substanz vollkommen ausreichen, beweist am besten die Thatsache, dass oftmals durchaus klare, von organischen Substanzen, Kohlensäure und Stickstoffnahrung freien Wasser die grösste Wirkung hervorbringen. Ganz auffallend ist z. B. die grosse Wirkung der krystallklaren Quellen des Schwarzwaldes auf den Graswuchs. Ueberhaupt ist der Gehalt der meisten Wässerungswasser gering an organischen und namentlich Stickstoff liefernden Substanzen.*)

Bei Weiden, ungedüngten- und Wässerwiesen reichen also die von selbst sich darbietenden Mengen an Stickstoff und Kohlensäure vollkommen für die Erzeugung der Erträge, die oft sehr befriedigend sind, hin, ja bei den beiden ersteren können sie aus Mangel an fixen Nährstoffen nur unvollkommen ausgenützt werden. Alle drei Culturen liefern dagegen mehr oder weniger bedeutende Mengen von organischer Substanz in den Ernten, neben dem, dass sie einen in ihren Narben angesammelten Inventarbestand an organischer Substanz unterhalten, der erst beim Umbruch für die Wirthschaft schneller flüssig wird. Auf dem Bestande dieses Capitals an organischer Substanz, wovon das physikalische Verhalten des Weide- und Wiesenbodens und von dessen jährlichen Zersetzungsproducten bei den beiden Ersteren die Lösung gebundener fixer Nährstoffe bei den Letzteren die höhere Ausnützung der zugeführten Mineralstoffe abhängen, beruht aber die Fortdauer des Ernteerträgnisses, des Zuschusses an organischer Sub-

*) Siehe über die Zusammensetzung von Wassern, Knop's Kreislauf des Stoffs S. 114—444. — Boussingault a. a. O. II. S. 208.

stanz für die Wirthschaft. Bei den gedüngten Wiesen nun hängt der Ertrag lediglich von denselben Bedingungen ab, in letzter Linie von dem Wiederersatz der entzogenen fixen Nährstoffe. Einer Zufuhr von organischer Substanz aber, und von Stickstoff wie sie der Acker braucht, bedarf die Wiese nicht, denn nach und nach hat sie ihren Humusbedarf sich selbst angesammelt und verlangt dann selbst für lohnende Erträge bloß noch eine mineralische Düngung. Nur junge, auf seitherigem Ackerlande neu angelegte Wiesen brauchen im Anfang eine Zufuhr von organischer, stickstoffreicher Substanz, um zu dem nöthigen Humusvorrath schneller zu kommen und in den vollen Ertrag der ausgebildeten Wiesennarbe so bald als möglich einzutreten. Starke, in der ersten Zeit alljährlich wiederholte humose, stickstoffreiche, mit den nöthigen Mineralstoffen versehene Düngung, öfteres Abmähen, welches die Gräser im jugendlichen Stadium der Sammelthätigkeit erhält und den Boden schont, sind die Hauptprinzipien, um möglichst schnell zu einer ertragsreichen Wiese zu gelangen. Auf diesen Verhältnissen beruht auch die Thatsache, dass sich der Ertrag einer älteren Wiese durch Stalldünger verhältnissmässig so wenig steigern lässt. Die Wirkung der organischen Substanz und des Stickstoffes im Stalldünger ist von geringem Erfolg, weil die Wiese an diesen Stoffen in der Grasnarbe schon vorher hinreichend besitzt und überdiess die Atmosphäre zu Gebot steht, es kommen lediglich die zugeführten Mengen von Mineralstoffen in Betracht, die man ausgiebiger in anderen Düngermaterialien (Compost, Asche etc.) derselben zuführt. Selbst Ammoniak, salpetersaure Salze und Guano haben nur insoweit eine Wirkung, als sie fixe Nährstoffe im Boden zur Auflösung bringen, oder selbst welche enthalten, und auch die Jauche wirkt hauptsächlich durch die Mineralstoffe, welche sie aufgelöst enthält. Es ist daher in den meisten Fällen

unwirthschaftlich, Wiesen mit Stalldünger zu düngen, auf welchen die Wirkungen seiner atmosphärischen Nährstoffe und physikalischen Eigenschaften, die auf dem Acker so werthvoll sind, fast ganz verloren gehen. Eine mineralische Düngung wird aber um so wichtiger für die Wiese, je älter ihre Grasnarbe ist und je länger die dünne Bodenschichte, in welcher die Gräser wurzeln, ausgebeutet wurde, und um so eher kann die Zufuhr an organischer Substanz und an Stickstoff entbehrt werden. So werden sämtliche Wiesen und Weiden zu einem mächtigen Mittel dem Acker organische, humusbildende Substanz und ganz besonders Stickstoff zu liefern, ohne selbst diese Stoffe zugeführt zu verlangen. Im Hinblick auf diese Vorthelle ist es nicht gerechtfertigt, den Satz aufzustellen, dass man alle gedüngten Wiesen am besten umbrechen sollte. Die Weiden, ungedüngte und Wässerwiesen haben den weiteren Vortheil, dass sie ausserdem noch mineralische Nährstoffe der Wirthschaft liefern, ohne einen Ersatz dafür von derselben zu empfangen.

Auf dem Ackerboden kommt eine Anhäufung von Humus in weit geringerem Grade zu Stande, weil in Folge von Bearbeitung und Auflockerung des Bodens der Zersetzungsprocess durch vermehrten Luftzutritt eine erhebliche Beschleunigung erfährt. Dazu kommt noch die bedeutendere, den Zersetzungsprocess so sehr steigernde Erwärmung, welche der Ackerboden erfährt, wenn er frei von Vegetation und unbedeckt ist, wie in der Brache oder Stoppel und in den Zwischenzeiten des Anbaus. Diesen kräftigen Factoren, welche unausgesetzt die Zersetzung der organischen Substanz unterhalten, vermag die Beschattung des Bodens durch einjährige Pflanzen nur wenig entgegenzutreten; erfolgreicher und kräftiger hemmend wirken die nicht bloss vollkommen beschattenden, sondern auch den Boden bedeckenden mehrjährigen und

perennirenden Blattpflanzen und Grasarten. Von dem Anbauverhältniss der beiderlei Pflanzengattungen hängt in hohem Grade die Vermehrung oder Verminderung der organischen Substanz im Boden ab.

Am meisten unter den Ackerpflanzen nähern sich den rasenbildenden Wiesen- und Weidegräsern in ihrer Bedeutung für die organische Substanz des Bodens die mehrjährigen und perennirenden Kleearten. Auch hier richtet sich das Wachsthum zum grossen Theil auf die im Boden befindlichen Wurzeln, welche im Verhältniss ebenso mächtiger und zahlreicher sind, als die Blätter- und Stengelmasse viel bedeutender ist, als bei den Gräsern; doch kommt es niemals zu einer ebenso vollkommenen Bedeckung des Bodens, wie bei diesen, wenn auch während der Vegetation eine ausgiebige Beschattung erreicht wird. Die Kleearten erzeugen in derselben Zeiteinheit eine grössere Pflanzenmasse über und unter der Erde, als die Gräser, indem ihre Vegetation energischer und bei den meisten in der jährlichen Periode länger ist. Sie beuten namentlich, wie wir später noch sehen werden, die Atmosphäre unmittelbar mit ihren Blättern an Stickstoffnahrung in höherem Grade aus, ein Vermögen, welches die Gräser jedenfalls in geringerem Grade besitzen. Während man aber bei den Kleearten die energisch'ste Blattthätigkeit und grösste Pflanzenmasse nur bei ungestörter Entwicklung ihrer ganzen Blätterfülle bis zum Eintritt der Blüthe erlangt, wird bei den Gräsern derselbe Zweck durch beständiges Niederhalten der Vegetation im Stadium jugendlicher Sprossung und Blattbildung am vollkommensten erreicht, weil mit dem Eintritt in das Stengelwachsthum die Neubildung von Wurzeln und Blättern aufhört und damit die Erzeugung an Pflanzenmasse beschränkt bleibt. Auf diesem Verhalten beruht die höhere Nutzbar-

keit der Gräser durch Abweiden, der Kleearten durch Abmähen. Den perennirenden Gräsern verleiht das ausserordentliche Vermögen durch seitliches Sprossen sich weiter zu vermehren, gleichsam immer neue Individuen zu bilden, eine unbegrenzte Dauer des Bestandes. Diese Fähigkeit, auf welcher die Rasenbildung der Gräser beruht, fehlt den Kleearten und in so hohem Grade auch den Ackergräsern; nach einer Reihe von Jahren sterben die Pflanzen ab, und da durch Erstere die tieferen Bodenschichten nun erschöpft sind, kann erst nach kürzerer oder längerer Zeit von Neuem eine Ansaat auf demselben Grundstücke erfolgen, wogegen Letztere immer leicht wiederkehren können. Zu der wirksamen Beschattung und theilweisen Bedeckung des Bodens durch die Kleearten und Ackergräser, welche den Zersetzungsprocess der organischen Substanz im Boden niederhalten, kommt eine grosse Menge von Wurzelrückständen, die sie beim Umbruch hinterlassen, wodurch ihr angesammeltes Humuscapital von Zeit zu Zeit für die Wirthschaft flüssig und im Vergleich zu den Gräsern, welche bestehen bleiben, in doppelter Weise für die Vermehrung und Nutzbarmachung der organischen Substanz im Boden wirksam wird.

Eine sehr geschickte Combination der Nutzung kürzer vegetirender Kleearten und länger dauernder Gräser auf dem Acker bilden die Kleeegrassaaten, wobei jene im ersten Jahr gemäht, diese in den folgenden, wenn sie unter dem Schutze Ersterer zur vollen Entwicklung gelangt sind, abgeweidet werden. Da erfahrungsmässig schon im dritten Nutzungsjahr der Kleeegrassaate und noch mehr in den folgenden Jahren die Kleeegrasweide mehr und mehr abnimmt, und schnell auf die niederen Erträge gewöhnlicher ständiger Weiden herabsinkt, wird gewöhnlich der Umbruch im dritten oder vierten Jahre vorgenommen, statt sie noch länger

bestehen zu lassen. Der Grund dieser raschen Abnahme des Ertrags der Ackergrasweide bei mehrjährigem Bestehen liegt offenbar in dem Mangel eines hinreichenden Humusvorraths im Boden, welcher eben die Bedingung des Grasertrags ist. Der Ertrag der Grasweide im dritten und vierten Jahre beruht auf den von den Vorjahren her, in welchen der Acker gedüngt, gelockert und bearbeitet wurde, noch vorräthigen löslichen fixen Nährstoffen. In den folgenden Jahren ist die Verwitterungsgrösse in Folge der Bedeckung durch die Weidenarbe geringer und es fehlt noch die genügende Menge von lösender organischer Substanz, wie sie die ständige Wiese und Weide in ihrem von lange her angesammelten Humusvorrath besitzt. Desshalb ist es in der Regel vortheilhafter in einer auf möglichst viel Weide zielenden Rotation, diese dadurch zu gewinnen, dass man die Weide nur bis zum dritten oder höchstens vierten Jahre benützt und dann umbricht, eine Anzahl von anderen Früchten einschiebt und nach einer Reihe von Jahren eine zweite ebenso behandelte Kleegrassaat vornimmt, anstatt in demselben Umlauf bei nur einmaliger Ansaat das erforderliche Areal durch doppelt so langes Stehenlassen der Weide sich zu verschaffen. Man hat dabei den weiteren Vortheil bei zweimaligem Umbruch, gleichsam in zwei Portionen, gleichmässig in der Rotation vertheilt, im Ganzen ein grösseres Humuscapital für die Wirthschaft flüssig zu machen, als bei einmaligem Umbruch der zwar doppelt so lange bestanden aber in den letzten Jahren zurückgegangenen und verminderten Weidenarbe. Freilich ist auch der Boden für das eine oder andere Verfahren massgebend. Auf sehr leichtem Boden, wo man eine häufigere Bearbeitung vermeiden muss, wo gleichzeitig eine absolut grössere dem Boden einverleibte Menge von Humusmaterial erst von der gewünschten Wirkung ist, wird man mit Rücksicht darauf die Weide eine

längere Reihe von Jahren ausnützen. In diesem Falle wiegen die so erlangten Vorthelle schwerer, als die Einbusse an Weideertrag. Auf schwerem Boden ist ebenso die grössere Anhäufung von organischer Substanz in längeren Weidejahren erwünscht, denn die spätere Bearbeitung wird wesentlich leichter und die ganze Humuswirkung ausgiebiger. Man sieht, wie es der Landwirth hier in der Hand hat, je nach dem Boden, indem er bald dem reinen Mähekleee mit oder ohne italienischem Raygras, bald in Verbindung damit der drei- oder vierjährigen und nach Umständen vieljährigen Klee grasweide den Vorzug gibt, bei der Gewinnung von organischer Substanz ein höheres Gewicht entweder auf die Form derselben in reichlicher erzeugtem Dünger, also mehr auf rasche Wirkung in pflanzenernährender Beziehung, oder aber auf die Form von Wurzelrückständen und Weidenarben, auf physikalische Wirkung zu legen. In rauherem Klima, sowie auf schweren und leichten Böden ist die physikalische Wirkung durch directe Vermehrung der organischen Substanz besonders zu beachten; in besserem Klima und auf guten Mittelböden liegt für den hier in der Regel angezeigten intensiveren Betrieb mehr daran, auf dem Wege der gleichmässigen Vertheilung des reichlicher erzeugten Düngers auf die einzelnen Grundstücke die organische Substanz und die Nährstoffe im Boden zu reguliren und überall zu rascher Wirkung zu bringen. — Dem letzteren Zwecke, einer grösseren Düngererzeugung, dient vorzugsweise auch die ganze Reihe einjähriger Futterpflanzen, wie die Futtergemenge von Wicken, Erbsen, Bohnen und Hafer, wie Buchweizen, Grün-Mais, Sorgho, italienisches Raygras u. s. w., denn bei allen diesen ist die directe Vermehrung der organischen Substanz im Boden geringer, als die indirecte durch Düngermaterial, welches sie liefern. Beide Zwecke zugleich lässt im Weinklima die

Luzerne, im Wintergetreideklima die Esparsette im höchsten Grade erreichen. Es versteht sich von selbst, dass die in der Viehzucht zu verfolgende Richtung mit den geschilderten Verhältnissen in Einklang zu bringen ist, welche im letzteren Falle mehr in der Stallfütterung von Rindern, im ersteren in der Weidehaltung von Schafen, oft aber auch in einer Combination beider angezeigt erscheint. —

Gänzlich verschieden von den seitherigen Culturen sind die Getreidearten und die Mehrzahl der Handelsgewächse. Die ganze Vegetationsrichtung der ersteren geht zwar auch, wie bei den besprochenen mehr- und vieljährigen Culturpflanzen, in der Jugend auf die Ansammlung von Material in den Wurzeln, aber nicht für eine nächstjährige dauernde Vegetation, sondern für die rasche Entwicklung von Stengeln und Blüthen und die Erzeugung keimfähiger Samen, womit die Aufgabe der Vegetation in Einem Jahre vollendet ist. Der erste Theil der Aufgabe ist ungefähr zur Zeit des beginnenden Schossens beendet, um welche bereits der grösste Theil der organischen Substanz gebildet ist; alsdann beginnt die Streckung der bisher gebildeten Theile und die Wanderung des gesammelten Materials in den Stengel, in die Blüthen und den Samen, womit jede Bildung von neuen Blättern und Wurzeln aufhört und bei sehr geringer Wiederaufnahme von Nährstoffen nur wenig organische Substanz mehr producirt wird. Zur Rasenbildung lassen sich die Getreidearten künstlich einigermassen durch wiederholtes Abmähen in der jugendlichen Periode bringen, in welcher auch regelmässig durch den Einfluss feuchter und kühler Witterung (Mai und Oktober) eine reichliche, jedoch niemals bis zur Bildung von geschlossenem Rasen gehende Bestockung bei den länger vegetirenden Winterfrüchten mehr, als bei den Sommerfrüchten, entsteht. Vom Schossen an stellt sich das bis dahin geschlossene und beschattende Getreide-

feld in Folge der Streckung der einzelnen Pflanzentheile dünner und lichter; die Sonnenstrahlen und der Regen dringen jetzt unmittelbar auf den Boden ein. Die kurze Beschattung und das längere Leerstehen des Feldes bei der Kürze der Vegetationsperiode der Getreidearten steigert bei wiederholtem Anbau den Zersetzungsverlust an organischer Substanz im Boden erheblicher, als sie durch Wurzelreste und Stoppeln, die dem Boden verbleiben, vermehrt wird. Auch die aus dem Stroh erzeugte, nicht unbedeutende Düngermasse lässt dieses ungünstige Verhältniss auf indirectem Wege nicht viel besser gestalten. Nach Untersuchungen von Heiden *) betragen die Wurzeln des Roggens z. B. ca. 7 Procent der Trockensubstanz der ganzen Pflanze, bei Klee in der Blüthe 30 Procent. Unter den Getreidearten verhalten sich die Winterfrüchte günstiger, als die Sommerfrüchte, und wiederum der Roggen und Hafer günstiger, als Weizen und Gerste. **)

Die einjährigen Blattpflanzen, reife Hülsenfrüchte, Raps u. dgl. zeigen sich dagegen weit günstiger als die Getreidearten, weil sie in Folge stärkerer Bewurzelung überhaupt mehr Rückstände an Wurzeln geben und durch längere Beschattung, zum Theil auch Bedeckung des Feldes, geringere Zersetzungsverluste an organischer Substanz verursachen: sie verbessern den Zustand des Feldes, welchen die Getreidearten verschlechtert haben. Nach den Untersuchungen von Schumacher geben die Bohnen

*) Statik des Landbaus von Dr. Eduard Heiden, 1872. S. 258.

**) Dr. W. Schumacher gibt die Rückstände des Hafers (Wurzeln und Stoppeln) noch grösser an, als die des Roggens, am grössten unter allen die des Mais. Erschöpfung und Ersatz bei dem Ackerbaue von Dr. W. Schumacher, 1866. S. 147. — Neuestens sind von Dr. H. Weiske, Untersuchungen über die Stoppeln und Wurzelrückstände einer Reihe von Pflanzen angestellt worden, welche mit denen von Schumacher nicht ganz übereinstimmen. Landw. Jahrbücher von Korn und Dr. Peters, 1872.

die meisten Rückstände, ihnen folgen die Erbsen und Wicken, dagegen soll der Hafer sämtliche Hülsenfrüchte übertreffen und der Roggen den Wicken und Linsen (?) gleichstehen. Der Raps und Rübsen liefern nach Schumacher erheblich mehr Wurzeln und Stoppeln als Getreide und Hülsenfrüchte. Beim Raps ist überdiess zu beachten, dass sein ganzer Blätterabfall auf dem Boden zurückbleibt. Die Mengen von organischer Substanz, welche diese einjährigen Blattpflanzen an erzeugtem Dünger indirect liefern, übertreffen gleichfalls im Durchschnitt die des Getreides.

Die Wurzel- und Knollengewächse hinterlassen direct an Wurzeln sehr geringe Quantitäten organischer Masse, nach Schumacher die Kartoffeln z. B. nur ein Drittel der Menge des Weizens, ein Viertel und ein Siebentel der Erbsen und des Mais; noch weniger hinterlassen die Rüben. Der Zersetzungsverlust in Folge der Bearbeitung und erst spät und unvollkommen eintretenden Beschattung muss ziemlich hoch, jedenfalls höher als bei den Getreidearten angeschlagen werden. Ebenso ist die Masse des Krautes und der Blätter, wenn sie dem Boden unmittelbar verbleibt, nicht bedeutend, dagegen die Menge des aus Knollen und Wurzeln erzeugten Düngers verhältnissmässig gross, weil grosse Massen an Futter erzeugt werden. —

Es trifft im Allgemeinen zu, mit Ausnahme der Wurzel- und Knollengewächse, dass die Menge der hinterlassenen Rückstände in geradem Verhältniss steht zur Tiefe der Bewurzelung, dass also in derselben Reihenfolge, wie die Pflanzen wurzeln, sie hinsichtlich der direct im Boden verbleibenden Rückstände sich folgen. In den einzelnen Gruppen folgen sie sich dann nach der Länge der Vegetationsperiode. Hienach dürften nun die Pflanzen des Ackers nach der Menge, welche sie dem Boden direct an organischer Substanz zurücklassen etwa in folgender abstei-

gender Reihe zu ordnen sein: Perennirende und mehrjährige Kleearten und Gräser, unter den Blattfrüchten oben an Raps, Bohnen, Erbsen und Wicken, dann folgen die Getreidearten mit Mais, Roggen, Weizen, Hafer, Gerste und schliesslich Kartoffeln und Rüben. Dabei ist aber wohl zu beachten, dass die bis jetzt vorliegenden Untersuchungen*) über die Mengen der Wurzelrückstände und Stoppeln unserer Culturpflanzen noch ungenügend und namentlich unter sich wenig übereinstimmend sind. Je nach Boden, Klima, Witterung und der Methode des Aberntens muss nothwendig das Verhältniss der Wurzeln und Stoppeln zu dem oberirdischen Theile bei einer und derselben Pflanze ein sehr schwankendes sein. Hinsichtlich der Menge von organischer Substanz, welche die Culturpflanzen im Stalldünger liefern, stehen sie in einer anderen Reihenfolge. Oben an sind Mais und Sorgho (als Futterpflanzen) Luzerne und Esparsette, es folgen Rothklee, Runkeln, Raps, Roggen, Grünfüttergemenge, Kartoffeln, Erbsen, Weizen, Hafer und Gerste. Dabei ist angenommen, dass von den Körnerfrüchten und Raps das Stroh als Einstreu, die Körner aber nicht zur Düngergewinnung verwendet wurden. Es versteht sich von selbst, dass auch diese Reihenfolge keine absolute ist und sich nach Boden und Witterung mannigfach ändern kann.

So ergibt sich nun leicht, wie durch einen passenden Wechsel mit Pflanzen direct, und durch rechtzeitig angebrachte Düngung indirect der Humusgehalt des Bodens zu reguliren ist, wobei der Klee wegen der Möglichkeit seltenerer Wiederkehr immer besonders zu beachten ist. Hierbei kann die organische Substanz im Boden nie zu weit herabsinken, und durch ausgedehnten Anbau perennirender Pflanzen,

*) Eine Zusammenstellung der wichtigsten einschlägigen Untersuchungen findet man in der Statik des Landbaus von Dr. Ed. Heiden, 1872. S. 241 u. f.

der Kleearten und Gräser lässt sich sogar leicht eine bedeutende, stetige Vermehrung derselben erreichen. So gibt man z. B. im bekannten Hohenheimer siebenfeldrigen Fruchtwechsel zu Runkeln eine Düngung, welchen Raps und Winterfrucht vorangegangen sind, von denen die letztere besonders die organische Substanz vermindert hat; auf sie folgt Gerste und Klee, welcher letzterer direct die wieder verminderte Humusmenge zu Gunsten der nachfolgenden Winterung wieder herstellt, auf diese kommt mit Futtergewächsen eingebaute, gedüngte Rapsbrache und Raps, welchem Winterung und gedüngte Runkeln wieder folgen. Man sieht, wie hier eine wesentliche Verminderung der organischen Substanz nicht eintreten kann, vielmehr nicht bloß ein gleichmässiger Bestand, sondern auch eine stetige Vermehrung dauernd gesichert ist, allerdings unter der Voraussetzung, dass die fixen Nährstoffe des Bodens keine Verminderung erleiden. Ohne für gegebene Fruchtfolgen eine immer schwierige und unsichere Berechnung des Bestandes der organischen Substanz im Boden anzustellen, kann man aus directer Beobachtung und Schätzung, ganz besonders aus der Zu- oder Abnahme der Erträge entnehmen, ob die Menge jener ab- oder zunehmen wird. Die einzige bekannte streng wissenschaftliche, auf Grund directer chemischer Untersuchungen durchgeführte Berechnung der erzeugten, und im Dünger und den Ernterückständen dem Boden zugeflossenen organischen Substanz hat Boussingault *) in Bechelbronn für dortige Fruchtfolger angestellt, nämlich: Kartoffeln oder Rüben gedüngt, Weizen, Klee, Weizen und Steckrüben, Hafer. Es ergab sich hier, dass in dieser und mehreren ähnlichen untersuchten Folgen, in welchen noch andere Pflanzen aufgenommen waren, die Menge der ge-

*) A. a. O. II. S. 168 u. f.

ernteten organischen Substanz sammt den im Boden verbleibenden Ernterückständen, die der im Dünger zugeführten erheblich übertraf, also mit jedem Umlauf auch die organische Substanz im Boden sich vermehrte. Die Vermehrung kann bis zu derjenigen Grenze gehen, welche durch die vorhandenen und etwa zugegebenen fixen Nährstoffe und das betreffende Klima gesteckt ist. Man ersieht aus diesen Untersuchungen, wie namentlich der Klee am meisten auf die Vermehrung der organischen Substanz im Boden einwirkt und bei seinem Anbau der grösste Ueberschuss über die Zufuhr erreicht wird, andererseits aber, wie bei einer Folge: Brache, Weizen, Weizen, die organische Substanz der Ernten die des Düngers nur wenig übertrifft. Dieser kleine Ueberschuss aber besteht hier unter der Voraussetzung eines bestimmten Areals von Wiesen, welche nebenher vorhanden sind, ein Verhältniss, wie es ähnlich bei der reinen Dreifelderwirthschaft allgemein vorkommt. Uebrigens ist kaum ein Anbauverhältniss denkbar, in welchem die organische Substanz im Boden sich dauernd verringerte, soferne nicht die fixen Nährstoffe des Bodens vermindert werden, ausser vielleicht auf Sandboden in wärmerem Klima bei strengem Anbau von Getreidearten; es handelt sich in unseren Klimaten überhaupt nur um das Mehr oder Weniger von organischer Substanz, welches bei verschiedenem Anbau angehäuft wird. Bei unseren jetzigen, noch mangelhaften Kenntnissen von den Ernterückständen der verschiedenen Culturpflanzen und der Grösse der Einwirkung des Klimas auf den Zersetzungsprozess der organischen Substanz, ist es nicht möglich, genau den directen Einfluss der einzelnen Culturen auf die Menge der organischen Substanz im Boden und deren Verluste festzustellen, obwohl wir im Ganzen die Wirkung einer bestimmten Fruchtfolge auf das Mehr oder Weniger derselben annähernd zu schätzen vermögen. —

Nachdem wir das Verhalten der Pflanzen zu den fixen und atmosphärischen Nährstoffen bis soweit erörtert haben, wobei jedesmal ein entsprechendes Verhältniss der beiden Nährstoffarten vorausgesetzt war, ist jetzt eben dieses Verhältniss zu untersuchen, in welchem die fixen und atmosphärischen Nährstoffe am vollkommensten zusammenwirken. Da die Atmosphäre selbst mit ihren Nährstoffen unveränderlich gegeben ist, die atmosphärischen und fixen Nährstoffe des Bodens aber beide veränderlich sind, so wird es sich hauptsächlich um das Verhältniss der beiden letzteren handeln oder mit anderen Worten um die Menge von organischer Substanz, mit welcher der Boden versehen sein muss, um den höchsten Effect durch die fixen Nährstoffe zu erreichen.

Die gesammte Pflanzenproduction der Erde ist bei der vorhandenen Licht- und Wärmenmenge abhängig von dem Verhältniss der fixen Nährstoffe zu den atmosphärischen; sie bleibt sich stets im Ganzen gleich, weil weder die Menge der einen noch der anderen eine Vermehrung oder Verminderung erleiden kann. Das Verhältniss der Thierwelt ändert daran nichts, weil die Elemente derselben stets in den Boden und die Luft zurück gelangen, woher sie stammen. Anders aber gestaltet sich die Production auf einzelnen Grundstücken. Hier steht nämlich der Production in Folge der leichten Beweglichkeit der Luft stets ein Ueberschuss von atmosphärischen Nährstoffen im Verhältniss zu den fixen zu Gebot, der jedoch nur verwendbar ist, wenn die ursprünglich vorhandenen fixen Nährstoffe vermehrt werden. Die Vermehrung der letzteren allein reicht hin, um im Verhältniss mehr atmosphärische Nährstoffe anzuziehen und die ursprüngliche Production zu steigern. Die atmosphärischen Nährstoffe werden von den Pflanzen durch die Blätter und Wurzeln aufgenommen. Es leuchtet ein, dass wenn

von einer Pflanze diese beiden Aufnahmswege benützt werden können, wenn ausser den Blättern in der Luft auch den Wurzeln im Boden gleichzeitig atmosphärische Nährstoffe dargeboten sind, ein höherer Productions-Effect in der Zeit zu erreichen ist, als wenn nur ein einziger Aufnahmeweg zu benützen ist. Dieselbe bei einem gewissen Vorrath an fixen Nährstoffen verwendbare Menge atmosphärischer Nahrung kann im ersteren Falle schneller aufgenommen und in kürzerer Zeit die Production vollendet werden, als im letzteren; dagegen kann in der gleichen kürzeren Zeit nur dann auch eine grössere Masse producirt werden, wenn eine grössere Menge von fixen Nährstoffen zur Verfügung steht, als vorher. Wenn es möglich wäre, die sämmtlichen fixen Nährstoffe der Erde auf Ein grosses Grundstück zu bringen, so würde die Production der ganzen Erde auf dieses Stück verlegt und nach und nach, bis sämmtliche Elemente der organischen Substanz in die Luft zurückgekehrt wären, die ganze Menge der atmosphärischen Nährstoffe aus der Luft angezogen und verwendet. Die Production dieses Stückes würde aber, ohne weiter vermehrt zu werden, nur erheblich beschleunigt, wenn die ganze organische Substanz der Erde auf einmal zugleich mit sämmtlichen fixen Nährstoffen in das Grundstück gebracht werden könnte. Ebenso wenig würde die Production des Grundstücks vermehrt, sondern nur beschleunigt werden, wenn die ursprünglichen fixen Nährstoffe desselben gleich geblieben, dagegen die ganze organische Substanz der Erde auf dasselbe gebracht worden wäre. Da jedoch alle organische oder richtiger vegetabilische Substanz stets Mineralstoffe organisch gebunden enthält, die bei der Zersetzung derselben frei werden, so bewirkt ihre Zufuhr nicht bloss eine Beschleunigung der Production, sondern im Verhältniss der weiter zugeführten fixen Nährstoffe auch eine Vermehrung, welche dadurch noch mehr gesteigert

wird, dass sie durch ihre Zersetzungsproducte gebundene Nährstoffe des Bodens zur Auflösung bringt. Es hat deshalb jede Vermehrung der organischen Substanz im Boden nicht nur eine Beschleunigung, sondern mehr oder weniger auch eine absolute Steigerung der Production zur Folge, die freilich zu einem Theil auch auf ihren klimatischen und physikalischen Wirkungen zu setzen ist. Für jede Pflanze bestimmt der im Minimum vorhandene fixe Nährstoff das Verhältniss, in welchem die in der Luft dargebotenen atmosphärischen Nährstoffe zur Production von organischer Substanz verwendet werden können. Die Production jedes Ertragsverhältnisses aber kann durch Zufuhr von atmosphärischen Nährstoffen im Boden, in kürzerer Zeit erreicht, eine Steigerung desselben aber in derselben kürzeren Zeit nur erlangt werden durch eine gleichzeitige Vermehrung der fixen Nährstoffe und zwar bis zu der Grenze, welche im Klima und in der Constitution der Pflanzen gesteckt ist. In der freien Natur, wo die organische Substanz mit ihren fixen Nährstoffen dem Boden immer wieder zufällt, wird unter den vorhandenen fixen Nährstoffen stets das höchst mögliche Mass der Production erreicht, und zugleich in der möglichst kurzen Zeit, weil die dem Boden zufallende organische Substanz im gegebenen Klima das mögliche Maximum an atmosphärischen Nährstoffen im Boden durch ihre Zersetzung liefert. In den wärmeren Klimaten ist die Production eine schnellere und grössere, weil unter dem Einfluss der höheren Temperatur die Quellen der fixen und atmosphärischen Pflanzennahrung im Boden in einer gegebenen Zeit reichlicher fliessen. Der Kreislauf der Stoffe vollendet sich hier schneller und daher die höhere Production. Die Mittel zur Steigerung der Production in kälteren Klimaten, wo jene Processe träger verlaufen, liegen in einer hier verhältnissmässig stärkeren Vermehrung der fixen Nährstoffe und gleichzeitig der organi-

schen Substanz im Boden, um einen ähnlichen Effect, wie im wärmeren Klima, zu erreichen. Durch Einverleibung der ganzen Menge producirt organischer Substanz in den Boden wird immer das unter den gegebenen fixen Nährstoffen mögliche Maximum der Production erreicht, wie in der freien Natur, ebenso in der landwirthschaftlichen Cultur, wo wir nur an die Stelle der unmittelbaren organischen Substanz die aus derselben erzeugte Düngermenge zu setzen brauchen.

Denken wir uns einen Boden von mittlerem, natürlichem Gehalt an fixen Pflanzennährstoffen, der im Anfange völlig frei von Humus ist, so wird die lösliche Menge jener diejenige der aus der Atmosphäre aufzunehmenden Nährstoffe, das heisst die Höhe der Production normiren. Gelangt nun jetzt die ganze erzeugte organische Substanz mit ihren fixen Nährstoffen in den Boden, so entsteht für die nächste Production eine Bodenquelle von atmosphärischen Nährstoffen, welche je nach der Menge der sich zersetzenden organischen Substanz spärlicher oder reichlicher fliessen wird. Zugleich aber wirken diese atmosphärischen Nährstoffe des Bodens auf die Auflösung gebundener fixer Nährstoffe, also die löslichen, aufnehmbaren Nährstoffe vermehrend. Es kann daher jetzt durch die neu hinzugekommenen atmosphärischen und löslich gewordenen fixen Nährstoffe mehr producirt werden, als vorher. Jede folgende Production, für welche weitere fixe Nährstoffe löslich werden, bringt einen Ueberschuss an organischer Substanz über die vorhergehende hervor und, wenn diese immer ganz dem Boden einverleibt wird, auch eine weitere Vermehrung der atmosphärischen Nährstoffe des Bodens. Setzt sich die Production in dieser Weise alljährlich fort, so vermehrt sich die Menge der löslich werdenden fixen Nährstoffe von Jahr zu Jahr bis zu dem Punkte, wo alle gebundenen Mineralstoffe des Bodens auflöslich geworden sind. In entsprechendem Masse hat sich die Production von organischer Substanz

gesteigert, so wie der unzersetzte Theil derselben als Humus im Boden in wachsender, stets durch das Klima normirter Höhe angesammelt. Von jetzt an steht aber die Steigerung der Production still und bleibt auf der erreichten Höhe stehen. Damit ist unter den ursprünglich gegebenen Bedingungen das höchst Mögliche an Production geleistet, dessen Fortdauer abhängt von dem Gleichbleiben der jetzigen Bedingungen. Die Grenze der Production ist erreicht durch die Löslichwerdung aller auflösbaren fixen Nährstoffe und die Mitwirkung der denselben entsprechend angewachsenen Menge von organischer Substanz im Boden.

Sollte jetzt die Production weiter gesteigert werden, so müssten dem Boden, den wir von mässiger Fruchtbarkeit angenommen haben, fixe Nährstoffe von aussen zugeführt werden, welche sofort weitere atmosphärische Nährstoffe aus der Luft zur Verwendung brächten, die Production und damit zugleich entsprechend die Bodenquelle der atmosphärischen Nährstoffe vermehrten, wenn immer die ganze producirte organische Substanz dem Boden einverleibt würde. Es könnte nun mit immer steigender Vermehrung der fixen Nährstoffe von aussen her so lange die Production aus der Luft und durch Verwendung der entsprechend vermehrten Mengen atmosphärischer Nährstoffe im Boden gesteigert werden, als die dargebotene Menge der sämtlichen Nährstoffe überhaupt durch anbaufähige Pflanzen ausnützbar ist, mit andern Worten, bis zu der Grenze, welche im Klima und in der Natur der Pflanzen selbst gesteckt ist. Es ist klar, dass, wenn auch in unserem Falle die Production schon vermehrbar wäre mittelst der atmosphärischen Nährstoffe der Luft allein, welche in Folge der Zufuhr weiterer fixer Nährstoffe von den Pflanzen angeeignet würden, diese Vermehrung niemals jenes Maximum in der Zeit erreichen kann, welches nur erreichbar ist, durch eine den fixen entspre-

chende weitere Vermehrung der atmosphärischen Nährstoffe im Boden. Wir haben demnach zwei Stadien für die Production von organischer Substanz, das erste in der Ausnützung der atmosphärischen Nährstoffe durch die ursprünglich vorhandenen und durch entsprechenden Ersatz aufrecht erhaltenen, das zweite in der Ausnützung jener durch weiter mehr oder weniger vermehrte fixe Nährstoffe im Boden. In Beiden aber ist die höchste Production in der Zeit nur möglich, wenn die den fixen Nährstoffen entsprechende, also die ganze Menge von organischer Substanz, welche erzeugt wurde, dem Boden zugeführt wird.

Man sieht nun, wie mit Hülfe der fixen Nährstoffe, welche dem Boden erhalten oder weiter zugeführt werden, die Production der Pflanzen nicht bloß unmittelbar durch Aneignung von atmosphärischen Nährstoffen der Luft, sondern noch weiter mittelbar durch Ansammlung von organischer Substanz, welche diese Nährstoffe den Pflanzen auch im Boden zuführt, ganz beliebig in Grösse und Zeit gesteigert werden kann. Wenn aus irgend einer Ursache die Production durch Verminderung der organischen Substanz im Boden zurückgeht, so kann diese jederzeit, wenn nur die fixen Nährstoffe nicht vermindert wurden, mit Hülfe dieser aus der Atmosphäre restituirt werden. In den fixen Nährstoffen also liegt das ganze Geheimniss der Pflanzenproduction; die organische Substanz im Boden ist nur ein Hilfsmittel, welches durch jene aus der Atmosphäre stets zu erlangen ist. Dieses Geheimniss entdeckt zu haben, ist das unvergleichliche, unsterbliche Verdienst Liebig's, durch welches er zu einem der grössten Wohlthäter der Menschheit geworden ist. —

In der landwirthschaftlichen Praxis wird sich die Sache unter den angegebenen Gesichtspunkten ungefähr folgendermassen gestalten. Wir haben einen Boden von mittlerem Reichthum an gebundenen Nährstoffen, es wird ein Theil

der Producte ausgeführt, der andere in Dünger verwandelt, der dem Boden nebst den zurückbleibenden Wurzeln und Stoppeln die organische Substanz liefert. Unter dem Einflusse der letzteren, durch Bearbeitung und die lösende Wirkung des Düngers wird aus dem Vorrathe des Bodens die Menge der aufnehmbaren Nährstoffe und der entsprechend erzeugten organischen Substanz vermehrt werden können, trotzdem dass eine stete, freilich nicht übermässige Ausfuhr an beiden stattfindet, so lange nämlich weniger ausgeführt, als jährlich von Neuem aus dem Boden löslich und entsprechend mehr producirt wird. Diess ist in hohem Grade und lange Zeit auf sehr reichen, schweren Böden der Fall, wo die organische Substanz im Boden eine bedeutende chemische und physikalische Wirkung hervorbringt. In diesem ersten Stadium der Production befinden sich sehr viele Stallmistwirthschaften, so auch die oben genannten Boussingault'schen Fruchtfolgen, wo die Menge der erzeugten organischen Substanz und des Stickstoffs nach jedem Umlauf grösser wird, was nicht möglich wäre, wenn nicht die Menge der löslichen Nährstoffe und die organische Substanz im Boden trotz der Ausfuhr vermehrt würden. Eine Abnahme der Production stellt sich ein, sobald die weitere Auflösung von gebundenen Nährstoffen stillsteht und deren absolute Verminderung sich fühlbar macht; sie wird sich sofort auch in einer Verminderung der organischen Substanz im Boden aussprechen und eine Aufrechthaltung der seitherigen Erträge unter diesen Umständen unmöglich sein. Durch Verminderung der Ausfuhr und entsprechende Vermehrung der organischen Substanz im Boden mittelst Ausdehnung der Düngerproduction ist vielleicht noch eine Zeit lang die Höhe der Production haltbar, bis sie aber schliesslich doch dauernd ab-

nimmt. Hätte man in diesen Wirthschaften von Anfang an die Menge der ausgeführten fixen Nährstoffe völlig wieder ersetzt, so wäre dieser Ersatz neben der sich von selbst vollziehenden, überschüssigen Auflösung gebundener Nährstoffe aus dem Bodenvorrathe in seiner Wirkung gleichgekommen einer absoluten Vermehrung der löslichen Pflanzennahrung, die aber alsbald diesen Charakter verloren hätte, wenn alle gebundenen Nährstoffe zur Auflösung gelangt wären.

Bei allen Fruchtfolgen tritt auf dem Acker, wie auf der Wiese, früher oder später am Ende der Stallmistwirthschaftsperiode die Nothwendigkeit eines Ersatzes der ausgeführten fixen Nährstoffe ein, um die Production auf derselben Höhe zu erhalten. Da man aber auf dem Acker hinsichtlich der Einverleibung von organischer Substanz wegen Veräusserung eines grösseren oder kleineren Theils immer mehr oder weniger weit hinter der ganzen erzeugten Menge, welche dem Boden eigentlich einverleibt werden müsste, zurückbleibt, so wird niemals die Höhe der Production erreicht, welche den fixen Nährstoffen vollständig entspräche. Es wird jedoch die dem Boden jährlich im Dünger einverleibte organische Substanz nach Massgabe ihrer Menge und der Intensität des Zersetzungsprocesses im betreffenden Klima eine constante Grösse bilden, so lange die fixen Nährstoffe nicht vermindert werden. Je mehr aber Viehzucht im Verhältniss zum Körner- und Handelsgewächsbau betrieben wird, um so mehr wird man die organische Substanz im Boden vermehren können und sich der unter den gegebenen fixen Nährstoffen möglichen höchsten Production nähern, um so weiter von ihr entfernen, je mehr letzterer auf Kosten jener ausgedehnt wird. Für den letzteren Fall lässt sich die organische Substanz des Ackers auch durch ein entsprechendes Areal von Wiesen und Weiden beschaffen und auf diesem Wege zu

einer höheren Productionswirkung der vorhandenen Mineralstoffe gelangen.

Das höchste Productionsverhältniss an vegetabilischer Substanz unter ursprünglich gegebenen fixen Nährstoffen findet in der Landwirthschaft statt in dem ausschliesslichen Viehzuchtsbetrieb, wo allmählich alle gebundenen Nährstoffe des Bodens löslich werden und nur eine kleine Menge Mineralstoffe in den Viehproducten ausgeführt, der Dünger aber aus der ganzen Masse der producirtten Pflanzen-Substanz dem Boden zugeführt wird. Hier ist dann das Verhältniss der organischen Substanz im Boden zu den fixen Nährstoffen das grösstmögliche und daher auch die Production die verhältnissmässig grösste. Der Rückgang der Production, wenn er sich in später Zeit einstellt und überhaupt fühlbar macht, kann hier mit einem geringen Aufwand für den Ersatz der ausgeführten fixen Nährstoffe beseitigt werden.

In das zweite Stadium für die Production träte man von diesem Verhältniss aus ein, wenn bei demselben Viehzuchtbetrieb durch eine Vermehrung der fixen Nährstoffe, — also über den Ersatz der ausgeführten — die Production weiter gesteigert würde, wie es thatsächlich in manchen kleinen Viehwirthschaften der Schweiz unbewusst vorkommt, wo Brod, Fleisch etc. von Aussen zugekauft werden und deren Mineralstoffe dem Boden zufallen. Hier wird dann auch entsprechend die organische Substanz im Boden vermehrt und die Production erreicht oder tritt nahe an die Grenze, welche Klima und Pflanzen schliesslich bilden. Ein ähnliches Verhältniss kommt bei manchen Wässerwiesen vor, welchen im Rieselwasser viel grössere Mengen von Mineralstoffen zugeführt, als weggenommen werden. Es ist übrigens zu beachten, dass Wässerwiesen, weil sie von der von ihnen geernteten organischen Substanz in der Regel

nichts zurückempfangen, niemals zur höchsten Productionswirkung ihrer Mineralstoffe gelangen können, wenn sie auch durch die starke Humusansammlung in der Grasnarbe, welche sich natürlich den fixen Nährstoffen entsprechend gestaltet, in einem äusserst günstigen Productionsverhältniss sich befinden. Wiesen haben, wie schon früher bemerkt wurde, überhaupt den Vortheil, dass beim blossen Ersatze der fixen Nährstoffe in rein mineralischer Form gleichwohl eine beträchtliche Production stattfindet, wenn sie auch nichts von ihrer organischen Erntemasse zurück- erhalten. In Folge langsamer Zersetzung bildet sich immer, wenn auch im Verhältniss der fixen Nährstoffe organische Substanz producirt wird, in der Grasnarbe gewissermassen ein Ueberschuss derselben über die fixen Nährstoffe aus, — ein Verhältniss, welches noch viel prägnanter bei der Bildung der Torfmoore*) auftritt und den geraden Gegensatz zum Verhalten des Ackers bildet, in welchem in Folge sehr schneller Zersetzung die fixen Nährstoffe im Ueberschuss zur organischen Substanz des Bodens sich befinden. Es wird desshalb der Acker bei gleicher Menge von organischer Substanz und fixen Nährstoffen im Boden in der Zeit immer mehr produciren, als die Wiese, dagegen, ohne gedüngt zu werden, auch früher erschöpft sein.

In das zweite Stadium der Production von organischer Substanz durch Vermehrung der ursprünglich vorhandenen Mineralstoffe des Bodens wird man einzutreten veranlasst sein, bevor das erste Stadium der völligen Ausnützung letzterer durch die entsprechende organische Substanz im Boden erreicht ist, wenn es sich darum handelt, die Production zu

*) Beim Auswachsen der Torfmoore vermindert sich stetig die Production an Pflanzenmasse, bis sie zuletzt fast ganz stillsteht, weil unter Anderem die verfügbaren Mineralstoffe bei äusserst träger Zersetzung in organischer Bindung verbleiben und immer weniger werden.

vermehrten, ohne dem Boden eine grössere Menge jener, als vorher, einzuverleiben, was von wirthschaftlichen Umständen abhängt. Im ersten Stadium, bei der Ausnützung der ursprünglich vorhandenen fixen Nährstoffe kann die Production eine Zeitlang lediglich durch Vermehrung der organischen Substanz des Bodens gesteigert werden, wenn ein kleinerer Theil derselben, als seither, veräussert wird, oder vielleicht vortheilhafter durch das organische Product eines entsprechenden Wiesen- oder Weidenareals, im zweiten Stadium aber vermag sie allein durch Zufuhr weiterer fixer Nährstoffe vermehrt zu werden, welche eine weitere Aneignung aus der Atmosphäre veranlassen. Die höchste Production würde aber auch hier für jede Vermehrung der fixen Nährstoffe nur erreicht werden durch die entsprechende Vermehrung der organischen Substanz im Boden. — Wir haben also zwei Wege der Steigerung der Production: einmal bei Verwendung der ursprünglich vorhandenen Mineralstoffe des Bodens durch allmähliche Löslichmachung*) der gebundenen Nährstoffe, und für die höchste Wirkung durch die denselben entsprechende Vermehrung der organischen Substanz im Boden, — sodann durch fortgesetzte Vermehrung der ursprünglich vorhandenen Mineralstoffe, entweder ohne besondere Rücksicht auf die organische Substanz im Boden zu nehmen, oder schliesslich auch hier, um die höchste Production zu erreichen, durch die entsprechende Vermehrung der letzteren im Boden. Vom physischen Standpunkte aus entscheidet für den einen oder anderen Weg und die Mittel desselben die ursprüngliche

*) Die Anwendung anderweitiger, mechanisch und chemisch wirkender Lösungsmittel, von denen hier nicht die Rede sein soll, steigert zwar gleichfalls die Löslichwerdung von Mineralstoffen, bringt aber dem Boden, wenn sie nicht organischen Ursprungs sind, in der Regel keine atmosphärischen Nährstoffe zu, noch ist sie von derselben physikalischen und klimatischen Wirkung begleitet, wie die organische Substanz im Boden, dagegen ist die Wirkung jener meistens rascher und unmittelbarer.

Natur des Bodens und das Klima. Bei allen leichten Bodenarten ist neben einem ursprünglichen Mangel an fixen Nährstoffen wegen der rasch verlaufenden Zersetzung wenig Befähigung zur Ansammlung von organischer Substanz vorhanden. Hier ist zunächst durch Vermehrung der fixen Nährstoffe (Mergeln, künstliche Düngemittel etc.) die Production zu steigern und die Ansammlung von Humus durch zeitweiliges oder dauerndes Niederlegen zu Gras oder Weide am besten zu sichern, um nach und nach die organische Substanz im Boden in ein entsprechendes Verhältniss zu den fixen Nährstoffen zu bringen. Auf den schweren Bodenarten, die in der Regel reich an gebundenen Nährstoffen und zur Ansammlung von Humus mehr geeignet sind, wird zunächst die Production durch Aufschliessung der gebundenen Nährstoffe (Bearbeitung, Mergelung, Moderung, Kalkung, Drainirung) gesteigert und organische Substanz für den Boden auch hier durch Gras- und Futtergewächse in der entsprechenden Menge gewonnen. Bei beiden Bodengattungen muss die einmal erreichte Höhe durch die fixen Nährstoffe aufrecht erhalten werden. In den überhumosen Bodenarten ist dem absoluten Mangel an Mineralsubstanz überhaupt und gewöhnlich auch an fixen Pflanzennährstoffen durch entsprechende Zufuhr zu begegnen, nachdem zuvor die Ursachen der überreichen Humusbildung in zu träger Zersetzung durch Drainirung, Kalkung, Mergelung, Bearbeitung beseitigt sind. Es handelt sich hier darum, die gegebene, überreiche organische Substanz zur Zersetzung und durch Zufuhr von fixen Nährstoffen zur völligen Ausnützung zu bringen.

Immer und überall wird die höchstmögliche Production in der Zeit nicht erreicht noch festgehalten werden können, ohne dass dem Boden die seinen fixen Nährstoffen entsprechende organische Substanz gegeben

und erhalten wird. Hievon machen selbst diejenigen Böden keine Ausnahme, welche physikalisch so günstig beschaffen sind, dass sehr befriedigende Erträge erhalten werden können, auch wenn alle organische Substanz der Ernten veräussert wird, so dass im Boden nur die Ernterückstände verbleiben und die Production nahezu ganz durch die Zufuhr Mineralstoffe von aussen (künstliche Düngmittel) unterhalten wird. Die unmittelbaren, physikalischen Wirkungen der organischen Substanz können zwar hier in ihrem Effecte fast ganz entbehrt werden, keineswegs aber die klimatischen und chemischen, denn die Vermehrung der Kohlenstoff- und Stickstoffquelle, die beschleunigte Auflösung von mineralischen Nährstoffen haben hier dieselbe Wirkung, wie auf physikalisch ungünstigem Boden und sind für die höchste Production überall unentbehrlich. Bei dem letzteren stellt die organische Substanz das günstige physikalische Verhältniss erst her, welches bei jenen schon von Natur des Bodens aus besteht, und nun kann auch die chemische Wirkung von höherem Erfolge sein. Uebrigens läuft alle physikalische Wirkung hinaus auf Vermehrung des Pflanzenwachsthums. Die Verbesserung der Wärme- und Feuchtigkeitsverhältnisse, des Verhaltens zu den Pflanzenwurzeln findet ihren letzten Ausdruck immer in gesteigerter Entwicklung der Pflanzen. — In klimatischer Beziehung hat man daran fest zu halten, dass es im rauhen Klima sich ganz besonders um die Erringung eines Gewinnes an Zeit für die Vegetation handelt, die durch Vermehrung der organischen Substanz erreicht wird, welche zugeführte fixe Nährstoffe immer in der erforderlichen Menge für die höchste Production erzeugen. Je rauher das Klima ist, um so weniger kann man die organische Substanz entbehren, deren klimatische Function hier so sehr in's Gewicht fällt. Wiesen und Weiden sind hier von ganz besonderem Werthe für das Ackerfeld.

Auf Grund unserer vorstehenden Betrachtungen können wir nun sagen, dass für jedes Klima und jeden Boden die auf einem Grundstück jeweilig erreichte landwirthschaftliche Production selbst immer das höchste Mass von organischer Substanz bezeichnet, mit welchem die ursprünglich vorhandenen oder vermehrten fixen Nährstoffe zur möglichsten Steigerung der Production versehen werden können und müssen. Eine weitere Zufuhr von organischer Substanz über die an Ort und Stelle erzeugbare, welche von anderen Grundstücken genommen werden müsste, wäre zwar, weil sie mit einer Vermehrung der fixen Nährstoffe stets begleitet ist, von weiterem Erfolg, könnte aber auch durch Vermehrung der letzteren allein auf dem Grundstück selbst, allerdings erst in längerer Zeit, erreicht werden. Wir haben gezeigt, dass die organische Substanz für jeden Boden und jedes Klima durch die fixen Nährstoffe in beliebiger Menge herzustellen ist. Wie weit man sich aber der Einverleibung der höchsten Menge organischer Substanz in den Boden zu nähern oder von ihr ferne zu halten hat, hängt lediglich von den wirthschaftlichen Verhältnissen ab und wesentlich zusammen mit der gleichfalls vom wirthschaftlichen Standpunkte aus zu normirenden Frage, in welchem Verhältniss und in welcher Weise die fixen Nährstoffe dem Boden wieder zu geben oder zu vermehren sind. Der absolute Wiederersatz der entzogenen fixen Nährstoffe ist vom physischen Standpunkte aus der Fundamentalsatz für eine dauernde Production; wie weit und wie er jederzeit wirthschaftlich zu erfüllen ist, hängt aber immer von den gewerblichen Rücksichten auf den Reinertrag ab. Beide Rücksichten, sowohl auf die organische Substanz des Bodens, wie auf die Mineralstoffe gehen für die höchste Production physisch stets zusammen, wirthschaftlich aber trennen sie sich in mannigfachen Abstufungen, sobald die organische Substanz höhere un-

mittelbare Werthe bei directer Veräusserung und trotz dem dadurch nöthigen mehr oder weniger starken Zukauf für die Wiederherstellung der fixen Nährstoffe erlangt, als mittelbar durch Verwendung auf dem Wege der Viehzucht oder technischen Verarbeitung bei ihrer Erzeugung mit in der Hauptsache selbstproducirtem Dünger zu erreichen sind. Um im einzelnen Falle sich zu orientiren, in welchem Verhältniss die vorhandene organische Substanz im Boden und die gegebenen Mineralstoffe wirthschaftlich vermehrt werden könnten, darüber würden Versuche im Kleinen, wie man sie für die Orientirung über die anzuwendende Menge von künstlichen Düngmitteln vorgeschlagen hat, ebenfalls Aufschluss geben. Man würde dann die vorhandene Menge der fixen Nährstoffe einerseits für sich in verschiedenen Quantitäten vermehren, andererseits diese zugleich mit verschiedenen Mengen von Stalldünger versehen, wobei aber natürlich die durch den Stalldünger vermehrten fixen Nährstoffe berücksichtigt werden müssten. Dadurch erführe man, wie weit die Production durch fixe Nährstoffe allein und wie weit unter gleichzeitiger Vermehrung der organischen Substanz im Boden sich wirthschaftlich steigern liesse. Aus den Ergebnissen wäre dann das einzuschlagende Verfahren im Grossen abzuleiten. *) —

*) Als ungefähren Anhalt für das Erforderniss an organischer, humusbildender Substanz bezeichnet Funke die Zahlenanhalte, welche die ältere landwirthschaftliche Literatur der letzten 40 Jahre theils in den dem landwirthschaftlichen Betriebe ganzer Gegenden entnommenen Flächenverhältnisse des sogenannten Futterbaus zum Marktfruchtbau, theils in den für einen bestimmten Anbau erforderlichen Stalldüngermengen angegeben hat. Betrachtungen über die Wirthschaftsorganisation von Landgütern v. Prof. Dr. W. Funke, 1867. S. 13. — Dr. W. Schumacher will in seiner Statik den Kohlenstoff- und Stickstoffverlust durch den Stalldünger und die Ernterückstände vollständig decken und daher so viel Ernteproducte erzielen, dass der daraus erzeugte Dünger und die Ernterückstände in ihrem Kohlen- und Stickstoffgehalte dem Verlust an beiden Stoffen entsprechen. Erschöpfung und Ersatz etc. v. Dr. W. Schumacher 1866. S. 183 u. f.

Einer besonderen Besprechung ist noch die Rolle des Stickstoffs zu unterziehen, obgleich dieselbe in der Hauptsache zugleich mit der Humusfrage erledigt ist. Es steht nach dem heutigen Stande unseres Wissens fest, dass der in der Atmosphäre selbst in Form von Salpetersäure und Ammoniak stets vorhandene sammt dem durch Regen-, Schnee- und Thauniederschläge, sowie chemische und physikalische Anziehung der Ackererde unmittelbar aus der Luft in den Boden gelangende Stickstoff nicht ausreichend ist für eine dem Landwirth genügende Vegetation. Auch die Quelle von Stickstoff, welche Schönbein in der Bildung von salpetersaurem Ammoniak bei allen Verbrennungs-, Verwesungs- und Zersetzungsprozessen stickstoffhaltiger organischer Substanzen neuerdings nachgewiesen hat, von deren Ausgiebigkeit wir bis jetzt nur Vermuthungen haben, scheint dieses Verhältniss nicht ändern zu können. Es ist eine bekannte Thatsache, dass Pflanzen in ausgeglühtem Boden oder in wässerigen Lösungen gezogen durchaus nicht üppig gedeihen, wenn ihnen nicht Stickstoff in Form eines Ammoniak- oder salpetersauren Salzes zugeführt wird, während sie dabei ihren Bedarf an Kohlenstoff ohne weitere Zufuhr aus der Atmosphäre sich in ausgiebiger Weise verschaffen können. Vergleicht man die Kohlenstoff- und Stickstoffmenge, welche die Luft den Pflanzen in den atmosphärischen Nährstoffen bietet, so stehen verhältnissmässig grosse Quantitäten von Kohlensäure äusserst geringen Mengen von aufnehmbaren Stickstoffverbindungen gegenüber, so dass man leicht begreift, wie die Blattthätigkeit der Vegetation für die Aneignung von Kohlenstoff ausreichen kann, während für die Stickstoffassimilation die Wurzelthätigkeit in hohem Grade erforderlich wird. Es genügt also die Menge der Kohlensäure in der Luft weit mehr, als die Menge des Stickstoffs in jenen Verbindungen zu einer einigermaßen üppigen Vegetation.

Die ausgiebigste Quelle des Stickstoffs für die Culturpflanzen besteht in dem Stickstoffgehalt der organischen Substanz, welche im Boden überall sich ansammelt, wo eine Vegetation sich findet. Mit der Zunahme des Humus im Boden wächst auch die Menge Stickstoff, welche den Pflanzen sich darbietet. Von besonderer Bedeutung ist aber die Eigenthümlichkeit des Zersetzungsprocesses der stickstoffhaltigen organischen Substanz im Boden. Saussure schon machte die Beobachtung, *) dass die Pflanzenerde bei gleichem Gewichte mehr Stickstoff enthält, als die Pflanzen, aus denen sie entstanden ist, was später von Anderen vielfach bestätigt wurde. Diese Thatsache scheint zum Theil darauf zu beruhen, dass in den späteren Stadien der Zersetzung der stickstoffhaltigen organischen Substanz im Boden sich relativ stickstoffreichere, weiterhin schwerer zersetzbare Verbindungen bilden, zum Theil auch, dass bei fortschreitender Humification das gebildete Ammoniak durch die Humussubstanzen selbst wieder zurückgehalten und vor Verflüchtigung geschützt wird, — dieselbe Erscheinung, welche auch bei der Zersetzung des Stalldüngers bekannt ist, der im Anfange Verluste durch entweichendes Ammoniak erleidet, später aber durch Zurückhalten desselben relativ stickstoffreicher wird. Dazu kommt, dass wenn die stickstoffhaltige organische Substanz sich vollständig zersetzt und auflöst, schliesslich wohl der grösste Theil des Stickstoffes als Ammoniak durch die Absorptionskräfte des Bodens festgehalten wird. Es lässt sich daher ganz wohl denken, dass die organische Materie, soweit sie aus stickstoffloser Substanz besteht, sich vollständig zersetzt und verflüchtigt, der Stickstoff aber zum grossen Theil im Boden verbleibt. Wenn also z. B. in der reinen Brache oder Stoppel

*) Boussingault a. a. O. II. S. 13.

aus Mangel an Bedeckung und Beschattung des Bodens die Menge der organischen Substanz im Ganzen in hohem Grade sich vermindert, so ist diess mit dem Stickstoffbestandtheil derselben bei weitem nicht der Fall. Es scheint, dass die Natur für die Erhaltung dieses Stoffes im Boden besondere Sorge getragen hat und es mag diess namentlich der Vegetation in den heissen Ländern, wo sich die organische Substanz so rasch zersetzt, ganz besonders zu Gute kommen.

Es ist weiter bekannt, dass sich unter gewissen Umständen im Boden bei der Zersetzung stickstoffhaltiger organischer Substanz nicht Ammoniak, sondern Salpetersäure bildet, welche in ihren Salzen keine Absorption erleidet. Hauptsächlich tritt die Salpetersäurebildung ein in Gegenwart von Alkalien und alkalischen Erden bei der Zersetzung von stickstoffhaltiger organischer Substanz unter Zutritt von Luft und höherer Temperatur,*) also hauptsächlich in heissen Ländern, aber auch bei uns im Sommer. Kalkreiche Böden sind besonders dadurch ausgezeichnet. Trotzdem darf man den Verlust, welchen der Boden durch Entführung der leicht löslichen, nicht absorbirbaren salpetersauren Salze erleidet, nicht zu hoch anschlagen, weil in den tieferen Schichten des Bodens, in der Desoxydationsschichte Mulder's **) die Salpetersäure durch organische Substanzen, welche in der Zersetzung begriffen

*) Durch Versuche, welche Boussingault neuestens angestellt hat, bestätigt sich die seither fast allgemeine Annahme, dass bei der Salpeterbildung der nöthige Stickstoff lediglich aus organischen Substanzen des Bodens hergenommen wird und der Stickstoff der Luft dabei unbetheiligt ist. Der Naturforscher, herausgegeben von Dr. Wilh. Sklarek, 1873. Nr. 28. S. 268.

**) Die Chemie der Ackerkrume von Dr. G. J. Mulder, übersetzt von Dr. Joh. Müller, II, S. 200 u. f. — Wird auch die Mulder'sche Anschauung bestritten, so muss man wegen des auffallend geringen Salpetergehaltes der Wasser jedenfalls eine Ursache im Boden annehmen, welche der Entführung desselben kräftig entgegenwirkt. —

sind, zu Ammoniak reducirt und als solches vom Boden festgehalten wird, so dass nur sehr geringe Mengen Salpetersäure in Quellwasser, Drainwasser etc. gelangen. Hiebei ist es freilich möglich, dass flachwurzelnde Pflanzen in Kalkböden z. B. Mangel an Stickstoffnahrung in der Ackerkrume leiden, welche aber die tieferwurzelnden Pflanzen aus dem Untergrunde wieder heraufholen. In allen bindigen Bodenarten ist die Salpetersäurebildung überhaupt geringer und die Absorption für Ammoniak stärker, so dass Verluste hier weniger möglich sind. In Sandböden, die in der Regel wenig alkalische Basen enthalten, kommt wohl ebenfalls keine erhebliche Salpetersäurebildung zu Stande, wohl aber kann hier, wenn sie sehr humus- und thonarm sind, ein grösserer Verlust durch Verflüchtigung von Ammoniak sich ergeben. Im Ganzen wird in allen Culturböden die Tendenz der Festhaltung der Stickstoffnahrung bei weitem überwiegen. —

Ein wichtiges Verhältniss für die Stickstoffaufnahme besteht ohne Zweifel neben dem Vermögen der Pflanze, vorzugsweise durch ihre Wurzeln Stickstoffnahrung aus dem Boden aufzunehmen, in der Fähigkeit, auch durch die Blätter direct aus der Luft Ammoniak sich anzueignen, welche schon mehrfach angedeutet wurde. Dieses Vermögen ist jedoch direct von Sachs*) nur für die Schminkbohne nachgewiesen und dabei weiter noch gezeigt worden, dass nicht bloss der Stickstoffgehalt der in eine kohlen-saures Ammoniak enthaltende Atmosphäre tauchenden Pflanze, sondern auch die organische Substanz überhaupt und die Aschenmenge vermehrt, also eine weitere Aufnahme sämtlicher Nährstoffe dadurch mit veranlasst wurde. Nach Analogie nimmt man nun an, dass dieses Vermögen nicht allein allen Papilionaceen, namentlich den Kleearten und überhaupt allen sogenannten Blattpflanzen zu-

*) Chemischer Ackersmann, 1860. S. 159.

komme, sondern auch freilich wohl in geringerem Grade den Gräsern, besonders perennirenden und mehrjährigen, welche Rasen zu bilden befähigt sind. Eine Menge von allgemeinen Thatsachen sprechen dafür, dass allen Pflanzen, freilich in verschiedenem Grade, diese Fähigkeit zukommt, so die obenangeführte Thatsache von der Zunahme der Erzeugung von organischer Substanz und von Stickstoff in den Boussingault'schen Fruchtfolgen; Wasserwiesen geben die höchsten Erträge an Stickstoff ohne alle Zufuhr desselben, — oft genug werden, wie früher bemerkt wurde, ganz klare, von organischer Substanz und Stickstoffnahrung gänzlich freie Wasser mit dem besten Erfolge zur Wässerung verwendet, woraus deutlich hervorgeht, dass die Wiesen keiner besonderen Zufuhr an Stickstoff bedürfen, denn was der Humus der Wiesennarbe an Stickstoff nicht liefert, nehmen die Pflanzen unmittelbar aus der Luft auf. Die grosse Anzahl von Blättern und Blattbüscheln, welche der Rasen hervorbringt, bilden eine ungemein grosse Berührungsfläche mit der Atmosphäre, wie sie die einjährigen Gräser bei weitem nicht haben. Dass jene Fähigkeit mit der Grösse der Blattoberfläche der Pflanzen zu- und abnehme, liegt ebenso nahe, wie die Vermuthung einer specifischen Verschiedenheit der Aufnahmefähigkeit verschiedener Pflanzen. Wir nehmen desshalb an, dass allen Pflanzen die Fähigkeit zukommt, Stickstoff aus der Atmosphäre als Ammoniak aufzunehmen, wenn dieselbe auch bei dem geringen Gehalte der Luft an Ammoniak keine sehr ausgiebige sein kann. —

Die Culturpflanzen sind verschieden in ihrer Fähigkeit den Stickstoffgehalt des Bodens zu vermehren im Vergleich mit dem Bedürfniss an demselben zu ihrem Wachsthum, je nachdem sie es mehr aus der Luft oder dem Boden zu befriedigen angewiesen sind. Die mehrjährigen und perennirenden Blattpflanzen vereinigen durch die Länge ihrer Vegetationsperiode und

ihren Blattrcichthum einerseits, durch den Tiefgang ihrer Wurzeln, die ausgiebige Bedeckung und Beschattung des Bodens andererseits alle Bedingungen, um sämmtliche Quellen der Stickstoffnahrung in der Ackerkrume, der Luft und im Untergrunde im höchsten Grade auszubeuten, Verluste an Stickstoff aber auf das kleinste Mass zu reduciren. In der organischen Substanz ihrer Wurzelrückstände hinterlassen sie ein reiches Stickstoffkapital in der Ackerkrume, wie im Untergrunde — zur Reduction der versinkenden salpetersauren Salze — und liefern ausserdem durch das Futter reichlichen, stickstoffreichen Dünger. Dabei scheinen sie selbst nur in der Jugend ein grösseres Bedürfniss an Stickstoff im Boden zu haben, bis ihre Blätter hinreichend entwickelt sind, um aus der Luft zu schöpfen. Die Luzerne, die auch auf ganz humusfreiem Boden gedeiht, wenn er ihr sonst nur taugt, scheint nicht einmal in der Jugend ein grösseres Bedürfniss darnach zu haben. In annähernd hohem Grade besitzen dieselben Eigenschaften die rasenbildenden Gräser, nur dass sie in den oberen Bodenschichten wurzeln, keinen so grossen Blattrcichthum und überhaupt kein so energisches Wachsthum, dafür aber eine längere Lebensdauer besitzen. In der Jugend bedürfen sie zwar viele Stickstoffnahrung, sammeln aber nach und nach in der Rasennarbe eine so grosse Menge an, dass sie neben dem, was ihre zahlreichen Blätter aus der Luft aufnehmen, später keine weitere Zufuhr desselben mehr bedürfen. Bei den einjährigen Blattpflanzen, Hülsenfrüchten, Raps u. dgl. finden wir gleichfalls noch ein bedeutendes Vermögen in der Aneignung von Stickstoff aus der Luft und durch Beschattung mehr oder weniger Schutz vor Verlusten; in der Jugend bedürfen sie grössere Mengen von Stickstoffnahrung im Boden, wesshalb sie in der Regel in frische Düngung gestellt werden. Bei den Blattfrüchten sind auch die Wur-

zelerückstände von Belang, was bei den Hackfrüchten weniger der Fall ist. Die letzteren veranlassen zwar durch Bearbeitung eine raschere Zersetzung der organischen Substanz überhaupt, aber jedenfalls keinen erheblichen Verlust an Stickstoff. In der Erzeugung reichlichen stickstoffhaltigen Düngers stehen aber die Hackfrüchte unmittelbar hinter den mehrjährigen Blattpflanzen. Im Gegensatze zu allen diesen Pflanzen, die nur durch verschiedene Grade derselben Qualität hinsichtlich des Stickstoffes sich unterscheiden, stehen die einjährigen Gräser, hauptsächlich die Getreidearten und einige Handelsgewächse, wie Lein, Hanf etc. Ihr Stickstoffbedürfniss zum Wachsen und zur Ausbildung der Körner ist gross, ihr Aneignungsvermögen aus der Luft aber klein, daher die grossen Ansprüche im Boden. Ihre Rückstände an Wurzeln sind unbedeutend und der Stickstoffgehalt derselben ebenso niedrig, wie im Stroh, während die stickstoffreichen Körner zur Veräusserung kommen. Die kurze Beschattung des Feldes und baldige Lichtstellung vom Schossen an befördern, wie schon früher erwähnt wurde, zwar überhaupt die Zersetzung der organischen Substanz, jedoch wohl nur auf leichteren Bodenarten den Verlust an Stickstoff. Bei mehrjährigem Anbau wird hauptsächlich in Folge der Ausfuhr von Körnern die Verarmung des Bodens an Stickstoff, noch viel mehr aber an organischer Substanz überhaupt durch Zersetzung fühlbar und eine Wiederherstellung durch verbessernde Pflanzen unerlässlich. Dass sich grün geerntete Pflanzen viel günstiger als reife verhalten, bedarf nach dem Früheren keiner weiteren Auseinandersetzung mehr. Man ersieht hieraus, wie die Mehrzahl der Culturpflanzen in Beziehung auf den Stickstoffgehalt des Bodens im Allgemeinen ein günstiges Verhalten zeigt und eigentlich bloss die Getreidearten und einige Handelsgewächse und selbst diese nur bei fortgesetztem Anbau durch Veräusserungen denselben vermindern.

Aus den angeführten Gründen ist sogar die Erhaltung und Vermehrung des Stickstoffs im Boden gesicherter, als die der organischen Substanz überhaupt. Der Landwirth hat es ganz in seiner Hand, unter Verwendung bestimmter Mengen von fixen Nährstoffen, welche die Aufnahme der atmosphärischen bedingen, den Stickstoffgehalt des Bodens lediglich durch passende Auswahl und Folge der Culturen, namentlich durch Ausdehnung des Anbaus von Futter und Blattpflanzen zu einer stetigen Vermehrung zu bringen, und den Ankauf gerade der theuersten unter allen Düngmitteln auf den beschränkten Bedarf zu jungen oder schwachen Saaten und edleren Handelsgewächsen zu reduciren. Das Vorhandensein von Stickstoff liefernden Wiesen und Weiden erleichtert dieses Verhältniss noch viel mehr.

Man muss aber immer im Auge behalten, dass die wenig ausgiebige Gewinnung der Pflanzen von Stickstoff aus der Atmosphäre, welche eben schliesslich die einzige Quelle bildet, aus der eine wirkliche Vermehrung desselben möglich ist, nur sehr langsam eine Anhäufung dieses Nährstoffes im Boden gestattet, welche übrigens, einmal gewonnen, die relative Vermehrung beim Zersetzungsprozess der organischen Substanz und der Boden selbst uns hinlänglich zu sichern vermögen. Ein grosser natürlicher Vorrath an Stickstoff in einem Boden setzt stets eine lange und ausgiebige Vegetation voraus, die ihn angesammelt hat. Wenn wir concentrirte stickstoffhaltige Dünger verwenden, die auf allen Böden eine so bedeutende Wirkung haben, so benützen wir ein Material, welches unter Anderem auch deshalb verhältnissmässig selten und theuer ist, weil sein Stickstoff von langer Hand durch eine Vegetation aus der Atmosphäre gesammelt und meistens auf dem Umwege durch Thierleiber noch weiter concentrirt werden musste, um uns gerade so

viel Zeit für die Ansammlung zu ersparen, als er zu sammeln gekostet hatte. Es muss daher die Production immer auf einer vorausgegangenen Vegetation fussen und möglichst auf die Erhaltung dieses Nährstoffs bedacht sein, den Anbau von kräftig sammelnden Pflanzen im Auge behalten, besonders solchen, welche keiner Stickstoffzufuhr im Boden bedürfen (Wiesen, Weiden, Luzerne), um an Zeit zur Ansammlung und Geld zu theurem Ankauf zu sparen. Was wir von der Erzeugung der organischen Substanz überhaupt und von der im Boden anzuhäufenden Menge, sowie von dem Verhältniss der fixen Nährstoffe zu derselben gesagt haben, gilt ganz besonders auch in Rücksicht auf den Stickstoffbestandtheil derselben. —

III.

Von der Beschattung des Bodens hinsichtlich ihrer Einwirkung auf den Zersetzungsprocess der organischen Substanz war gelegentlich mehrfach die Rede und ist nur Weniges noch hinzuzufügen. Der Einfluss der Pflanzen auf den Boden, welchen sie durch Beschattung und Bedeckung hervorbringen, ist unmittelbar physikalischer und indirect auch chemischer Natur. Das gleichmässige Feucht- und Mürbehalten des Bodens durch Beschattung hält die chemische Action fortwährend im Gange, erleichtert und begünstigt die Verbreitung und Thätigkeit der Wurzeln, bewirkt schliesslich eine gleichmässige, ununterbrochene Ernährung der Pflanzen ohne Zeitverlust und mindert die Verluste an Zersetzungsproducten der Humussubstanz bei der fortwährend aufnehmenden Thätigkeit der Pflanze herab. Ohne Beschattung, ohne Schluss des Feldes gedeiht keine Pflanze oder nur mit kostspieliger Nachhülfe. Die Getreidesaat z. B. ist gesichert, sobald das Feld geschlossen steht; erst später,

wenn die organische Arbeit nahezu vollendet ist, stellt sich in Folge der Streckung der Halme das Feld wieder lichter, der Boden vertrocknet und verhärtet, wird physikalisch ungünstig, jedoch ohne Nachtheil jetzt für die mit ihrer Arbeit in der Hauptsache bereits fertigen Pflanze. Hackfrüchte und alle weiteren Saaten müssen bei ihrem entfernten Stande, den die spätere Entwicklung und Ausbreitung gleich von Anfang an nothwendig macht, durch Hacken und Bearbeiten erst allmählig zum Schlusse gebracht werden. Je früher diess gelingt, um so mehr kann an Arbeit gespart werden und die Pflanze hält sich von selbst dann in ununterbrochener Thätigkeit. Frühe Saat, reichliche Ernährung lassen diese Vortheile erringen. Am wirksamsten beschatten die Blattpflanzen, besonders perennirende, bei denen eine Bedeckung des Bodens hinzukommt, welche noch weiter die Einwirkung von Sonne, Wind und Regenschlag abhält und die Zersetzung der organischen Substanz im Boden mässigt. Alle diese Wirkungen, zu denen noch die Unterdrückung jeder anderen Vegetation ohne Arbeit und Kosten sich hinzufügt, fallen nicht allein der beschattenden Pflanze selbst zu, sondern zum Theil auch der nachfolgenden, daher der alte Satz: gute Vorfrucht, gute Nachfrucht, — schlechte Vorfrucht, schlechte Nachfrucht. Offenbar lässt sich diese Thatsache nur zum Theil aus dem physikalischen Zustande, in welchen der Boden durch Beschattung versetzt ist, erklären, denn sobald ein beschattetes Feld geräumt wird, geht die Lockerheit und Mürbheit der Oberfläche wieder verloren, wenn nicht alsbald dasselbe umgepflügt und die mürbe Bodenschichte in der Tiefe geborgen wird; in der Regel erfolgt der Umbruch einer Stoppel nicht sogleich, sondern meist nach einiger Zeit, wie es der Lauf der Wirthschaftsarbeiten gestattet, so dass das Feld unter Sonne, Wind und Regen

wieder verhärtet, aber dennoch beobachtet man auch in diesem Falle ein gutes Gedeihen der Nachfrucht. Zum grösseren Theil scheint daher die Ursache in dem günstig veränderten chemischen Zustande des Feldes und jedenfalls mit in dem Einflusse der zahlreicheren Rückstände der guten Vorfrucht im Boden zu liegen. Es muss in einem durch gute Beschattung gleichmässig feucht- und lockergehaltenen Felde die chemische Action die günstigsten Bedingungen finden, denn der Boden ist stets feucht,*) ohne nass zu sein und gestattet der Luft ungehinderte Mitwirkung für die Verwitterung und Auflösung gebundener Nährstoffe: so entsteht ein Vorrath löslicher Nahrung, von welchem die beschattende Pflanze der nachfolgenden immer einen Theil überlässt, wenn auch sie selbst den Boden in Anspruch genommen hat. Freilich lassen sich solche Verhältnisse immer nur abschätzen, aber nicht ihrem wirklichen Werthe nach bemessen.**)

Noch deutlicher erscheint der Einfluss der Beschattung im Walde z. B. bei der im Fehmelbetrieb gehaltenen Weisstanne, gegenüber der schlagweisen Wirthschaft. Bei ersterem bleibt bekanntlich der Wald immer in geschlossenem Stande bestehen, die alten Stämme werden einzeln entfernt in dem Verhältniss, als die jungen nachwachsen, so dass nirgends Lücken entstehen. Die Selbstverjüngung vollzieht sich in regelmässiger, sicherer Weise, denn der den Boden bedeckende Nadelabfall, durch Beschattung in ununterbrochener Zersetzung, bildet ein jederzeit feuchtes, lockeres Saatbett für die keimenden Samen, ganz

*) Dabei kann die Feuchtigkeit des beschatteten Feldes im Ganzen gegenüber von vegetationsfreiem Boden, wie Versuche von G. Wilhelm und Anderen gezeigt haben, recht wohl vermindert werden.

**) Im letzten Augenblick kommt uns noch das neueste, empfehlenswerthe Werk von Dr. W. Schumacher, Der Ackerbau, Wien 1874. zu, in welchem ähnliche Anschauungen ausführlich dargelegt sind.

ähnlich, wie sich die Wintersaat häufig gegen die im Frühling untergesäeten Gras- und Kleearten verhält. Anders beim schlagweisen Betriebe. Durch das plötzliche Entfernen sämtlichen Holzes verhärtet und vertrocknet der auf einmal der Sonne, Wind und Regen blossgestellte Boden; eine Ansaat gelingt selten und selbst die kostspielige Pflanzung hat sich mühsam viele Jahre lang zwischen massenhaft emporwachsendem Unkraut durchzukämpfen, bis ihr allmählig der Schluss gelingt, womit sie dann gesichert ist. Man sieht hier deutlich, wie die physikalischen und chemischen Wirkungen der Beschattung im Vereine den Bestand des Waldes sichern. —

Ganz besonders kann die Verunkrautung des Feldes durch eine passende Abwechslung von Pflanzen verschiedener Art und Saatzeit namentlich lichtstehender und beschattender verhindert werden. Der lichte Stand der Getreidearten bringt besonders leicht Verunkrautung hervor, zumal wenn sie Mehreremale aufeinander folgen. Es passt daher die Einschaltung von beschattenden Pflanzen zwischen Getreide besonders gut. Pflanzen, die wegen zarter Jugend vom Unkraut gefährdet sind, stellt man gewöhnlich in gereinigtes, gelockertes Feld nach Hackfrüchten oder Brache; allein mit richtiger Abwechslung, wodurch das gute Gedeihen der Pflanzen überhaupt gesichert ist, erreicht man eine Reinheit des Ackers, welche diese Hülfsmittel, wenigstens des Unkrautes wegen, entbehrlich macht.

Ein möglichst ununterbrochenes Besetzthalten des Bodens durch bodenbeckende und beschattende Pflanzen, überhaupt durch irgend eine Vegetation, gewährt ausserdem noch den Vortheil fortwährender ausgiebiger Pflanzenthätigkeit in der Sammlung von atmosphärischen Nährstoffen, insbesondere des Stickstoffs. Die Brache vermindert nicht bloss unmittelbar die organische Substanz des Bodens durch Zersetzung, sondern

auch mittelbar durch den Zeitverlust in der Erzeugung derselben. An dem ersteren Nachtheil leiden auch die Hackfrüchte, an dem letzteren alle kurzvegetirenden Pflanzen, wenn sie die Ursache längeren Leerstehens des Feldes werden, wogegen sie aber durch Ausfüllen der Zwischenzeiten zwischen den Hauptsaaen in hohem Grade nützlich werden können. — —

So liegt die physische Bedeutung des Pflanzenwechsels für die landwirthschaftliche Pflanzenproduction in haushälterischer, nach Qualität, Quantität und Bodenschichten abwechselnder und daher längere Zeit vorhaltender, vollständigerer Ausnützung des Bodens an fixen Nährstoffen in Verbindung mit einer die atmosphärische Pflanzennahrung mittelbar und unmittelbar möglichst heranziehenden Ausbeutung der Atmosphäre, in der sorgsam Vermeidung von Verlusten an Humussubstanz durch Bedeckung und Beschattung des Bodens mit Pflanzen, und endlich in der zugleich bewirkten chemischen und physikalischen Verbesserung und Reinhaltung desselben von Unkraut. —

Da im landwirthschaftlichen Betrieb nicht, wie in der freien Natur, die erzeugte organische Materie sofort und ganz dem Boden wieder zufallen kann, sondern alle Pflanzen den grössten Theil ihrer auf den Acker zurückfliessenden organischen Substanz indirect als Dünger zurückgeben, über dessen Erzeugung und Zufuhr aus wirthschaftlichen Gründen immer eine Zeit hingehet, — da ferner die mit einander abwechselnden Pflanzen durch die Verschiedenheit in ihren Ansprüchen an den Boden, im Ganzen zwar schonend hinsichtlich seines Kraftzustandes sich verhalten, aber schliesslich durch Ausfuhr immer den Mineralstoffgehalt verringern, welcher zum mindesten wiederherzustellen ist, so liegt auf der Hand, wie es für

die Wirkung einer gegebenen Folge von Bedeutung sein muss, den Stalldünger und Stoffersatz zur richtigen Zeit und am richtigen Orte anzubringen. Eine rationelle Düngervertheilung hat die Aufgabe, den Fruchtbarkeitszustand des Feldes, soweit er direct durch die Folge selbst für die einzelnen Pflanzen nicht in genügendem Masse erreicht wird, für ein wirthschaftlich nutzbringendes Gedeihen derselben so viel möglich durch Stalldünger entsprechend zu gestalten und den unabweislichen, auf das kleinste zulässige Mass reducirten Stoffersatz, am richtigen Platze ergänzend eintreten zu lassen. Stalldüngervertheilung und Stoffersatz verbinden sich also ergänzend mit dem Einflusse des Pflanzenwechsels auf den Boden für das Gedeihen der Pflanzen. In erste Stallmistdüngung stellt man solche Pflanzen, welche den beendigten Umlauf von Neuem eröffnen, welche in ein verhältnissmässig erschöpftes Land zu stehen kommen und selbst auch ein grösseres Bedürfniss an fixen Nährstoffen und organischer Substanz besitzen, wie z. B. Getreide oder Hülsenfrüchte, Hackfrüchte und Handelsgewächse. Specieller lässt sich das Bedürfniss einzelner Pflanzen befriedigen durch verrotteten oder frischen Dünger und Beigabe entsprechender Specialdünger, je nach dem Erforderniss an organischer Substanz oder Stickstoff oder an gewissen löslichen fixen Nährstoffen. In zweite und dritte Tracht kommen sodann weniger anspruchsvolle Pflanzen und solche, welche mit Leichtigkeit ihren Bedarf an Nahrung sich aneignen und jene Nährstoffe hauptsächlich bedürfen, die in der vorangegangenen Düngung am meisten geschont wurden. Mehrjährige, perennirende Pflanzen stellen die organische Substanz und den Stickstoff direct im Boden wieder her, schonen die Ackerkrume und lassen für die nachfolgenden Pflanzen den Zeitpunkt der Düngung auf einige Jahre hinausrücken.

Stellt man die Pflanzen so nacheinander, dass die vorangehende den Boden in jener Richtung schont, in welcher die folgende ihn in Anspruch nimmt, so kann mit demselben Düngerquantum längere Zeit ausgereicht und dasselbe vollständiger ausgenützt werden, als wenn man dieselben oder ähnliche Pflanzen mehreremale nacheinander anbaut, in welchem Falle in der Regel eine besondere Düngung nöthig würde. Hat man durch specielle Düngungsversuche gefunden, dass die Zufuhr gewisser Nährstoffe zum Boden besonders wirksam ist oder dass der Boden eine Vermehrung der organischen Substanz verlangt, so wird man die entsprechende Specialdüngung für die derselben besonders bedürftigen Pflanzen anwenden oder die Stallmistdüngung durch eine Zugabe der geeigneten künstlichen Dünger dahin ergänzen, wodurch beide in ihrer Wirksamkeit gewinnen. Künstliche, concentrirte Düngmittel sind ein mächtiges Mittel die Vermehrung von organischer Substanz im Boden direct und indirect durch Steigerung der Stalldüngerproduction zu befördern. Besondere Rücksichten auf specielle Zwecke können unter Umständen Veranlassung sein, die Düngung in abweichender Weise anzubringen, z. B. bei Kartoffeln und Zuckerrüben die Rücksicht auf hohen Stärke- und Zuckergehalt. Statt diese Pflanzen in frische Düngung zu stellen, bringt man sie dann in zweite oder dritte Tracht, oder setzt an die Stelle des Stalldüngers eine rein mineralische Düngung u. s. w. — Die Betrachtung des nicht weniger bedeutenden Einflusses, den Saatzeit und Bestellung auf den Wechsel der Pflanzen haben, würde uns zu den technischen Einzelheiten des Anbaus der verschiedenen Culturen führen, die uns hier nicht beschäftigen können. Soweit nöthig, sollen diese in der nachfolgenden speciellen Betrachtung berührt werden. —

IV.

Wir haben im Verlauf unserer Betrachtungen die Wahrnehmung gemacht, dass die Unterscheidung der Culturpflanzen nach Nährstoffen in Kiesel- Kali- und Kalkpflanzen noch weiter geht und auf Tiefe und Umfang der Bewurzelung, auf das Verhalten zur Atmosphäre und Bodenbeschattung mit wenigen Ausnahmen ausgedehnt werden kann. Den Kieselpflanzen stehen durchweg in diesen Beziehungen die Kali- und Kalkpflanzen und diese beiden einander, wenn auch theilweise weniger entschieden, gegenüber, so dass als Hauptgrundsatz für die Pflanzenfolge die Abwechslung mit Kali- Kiesel- und Kalkpflanzen gelten kann. Ausserdem noch können als untergeordnete Regeln für die Pflanzen derselben und verschiedener Gruppen der Wechsel in Bezug auf die Vegetationsdauer und das Nutzungsstadium angesehen werden. — Wenn nun in Bezug auf ihre Qualität die wirkenden Momente des Pflanzenwechsels, wie wir gesehen haben, keine zu grossen Schwierigkeiten der Erklärung bieten, so entstehen sie in hohem Masse für deren Quantität, welche gerade für den Werth der einzelnen Wirkungen entscheidend ist. Auf der Quantität, mit welcher die Factoren des Pflanzenwachstums in Wirksamkeit treten, beruht die Grösse ihrer Wirkung und auf dem quantitativen Verhältniss der Einzelnen zu einander der Gesamteffect ihrer Einzelwirkungen. Von der Kenntniss der Wirkungsgrösse der einzelnen Factoren und ihres Zusammenwirkens hängt aber das Verständniss, die richtige Erklärung und Begründung der Thatsachen des Pflanzenwechsels ab. Die Schwierigkeiten, welche uns hier begegnen, sind zahlreich und vorläufig nicht zu überwinden. In erster Linie versagt uns die Bodenanalyse die genaue Feststellung dessen, was immer von Pflanzennährstoffen im Boden jetzt und später verwendbar ist, wovon wir ausgehen müssen; wir

können weder den Anfangsgehalt des Bodens an Nährstoffen genau ermitteln, noch die Veränderungen verfolgen, welche der Anbau der verschiedenen Pflanzen hervorbringt. Die genaue Kenntniss dessen aber, was im Boden enthalten ist, die Controle über die Veränderungen und Vorgänge in demselben bilden die Grundlage für weitere Untersuchungen. Ebenso ist nicht genau bekannt, was die Pflanzen zu wirthschaftlichem Gedeihen an Nährstoffen mindestens bedürfen. Wir haben zwar, wie im ersten Abschnitt gezeigt wurde, in den „Aschenanalysen“ Anhaltspunkte für die zu einem mittleren, durchschnittlichen Gedeihen der Pflanzen erforderlichen Quantitäten, allein sie nützen uns wenig, weil von jenen Quantitäten gewisse, uns nicht bekannte Vielfache im Boden vorhanden sein müssen, um den Pflanzenwurzeln jeden Augenblick und überall in dem Erdvolum, welches sie durchdringen, in der erforderlichen Menge zu Gebot stehen zu können. Es fehlt uns weiter die genaue Bekanntschaft mit der Grösse des Einflusses der physikalischen Qualitäten des Bodens auf das Wachsthum sowie mit den bezüglichen Ansprüchen der Pflanzen und endlich fehlt ein Urtheil darüber ganz und gar, wie aus den einzelnen Grössen, nicht bloss der allgemeinen chemischen und physikalischen, sondern auch der speciell technischen Factoren des Anbaus (der Düngung, Saatzeit, Bestellung etc.) bestimmte Ertrags-*effecte* entstehen. Auch diese letztgenannten, mehr technischen Momente (ihre Erörterung liegt ausserhalb unseres Planes), deren Mitwirkung im Pflanzenwechsel nach Art und Umfang von den Eigenthümlichkeiten der verschiedenen Pflanzen abhängig ist, können nach Umständen für das Gedeihen der Pflanzen ausschlaggebend werden. Sofern Einige dieser allgemeinen und speciellen Factoren in derselben Richtung fördernd auf das Pflanzenwachsthum einwirken, können Einzelne bis zu einem gewissen Grade Andere ersetzen,

was die Unsicherheit in der Werthschätzung derselben und die Schwierigkeiten für die Erklärung und Begründung der Erscheinungen des Pflanzenwechsels noch vermehrt. Es ist endlich begreiflich, dass bei den complicirten und unter den verschiedensten Verhältnissen sich darbietenden Erscheinungen die empirische Erfahrung, auf welcher die landwirthschaftliche Praxis fusst, weder überall dieselben Thatsachen beobachtet, noch die einzelnen durchweg immer zweifellos festgestellt haben kann. Unter solchen Umständen kann von einer exacten Erörterung der Thatsachen des Pflanzenwechsels weder im Allgemeinen noch in speciellen Fällen die Rede sein, denn gerade die quantitativen Verhältnisse der Factoren, aus welchen die Thatsachen hervorgehen, müssen ganz ausser Spiel bleiben. Wir müssen uns begnügen mit einer allgemeinen Discussion der als feststehend erscheinenden Thatsachen, wobei der praktische Tact und das Gefühl, die uns leiten sollen, vielleicht etwas sicherer durch unsere naturwissenschaftlichen Kenntnisse werden. —

Nach dieser Darlegung haben wir noch zu bemerken, dass in unserer Beurtheilung der Folge der verschiedenen Pflanzen immer gemeint sein wird, dass sie in zureichendem Klima und Boden angebaut sind. Da jede Pflanze unter dieser Voraussetzung allein normales Gedeihen erwarten lässt, so kann wirthschaftlich nur unter Pflanzen ein Wechsel getroffen werden, welche demselben Klima und Boden angehören. Man darf aber hierbei nicht übersehen, dass das Gedeihen vieler Pflanzen nur scheinbar von bestimmten Bodenarten, dagegen viel mehr von den Modificationen, welche die Klimate im Wärme- und Feuchtigkeitsverhalten des Bodens zu den Pflanzen hervorbringen, also vom Klima abhängig ist. Viele unserer Culturpflanzen gedeihen daher in verschiedenen Klimaten auf

physikalisch ganz verschiedenen Böden, so geräth z. B. der Weizen nach Süden zu auf Thonböden, nach Norden auf leichteren und selbst auf Sandböden. Die Wiesengräser, welche man so häufig, die Einen auf diesem, die Anderen auf jenem Boden gedeihend anführt, wachsen auf Sand- und Thonböden gleich gut, sowie das Klima genügende Wärme und Feuchtigkeit bietet. Je ausgeprägter aber eine Bodenart in physikalischer Beziehung nach dieser oder jener Richtung hin wird, um so mehr wird sie nur in ganz bestimmtem, speciellem Klima zu allgemeinerem, freilich immer etwas beschränktem Anbau geeignet sein, um so exclusiver wird sie in allen anderen Klimaten sich gegen die Mehrzahl der Culturpflanzen verhalten und um so weniger wird dann, weil ihr nur wenige passende Pflanzen verbleiben, ein geeigneter Wechsel möglich sein. Die meisten Pflanzen, auf extremen Bodenarten angebaut, hängen daher in ihrem Gedeihen in der Regel innerhalb sehr enger Grenzen von einer gewissen passendsten Witterung ab, während sie auf den sogenannten Mittelböden, welche die Witterungsextreme auszugleichen vermögen, fast bei jeder Witterung gedeihen. Solche extremen Böden werden daher am besten von der landwirthschaftlichen Cultur verlassen. Als Charakterpflanzen in Beziehung auf den Boden lassen sich ganz wenige Culturpflanzen und zwar nur solche ansprechen, die auf einem bestimmten extremen Boden überall, im Norden wie im Süden, gedeihen (die gelbe Lupine auf Sandboden), wo unverkennbar das Verhalten der Wurzeln zum Boden *) das entscheidende Moment des Gedeihens bildet und nicht, wie bei der Mehrzahl der Pflanzen, die Wärme und Feuchtigkeit des Klimas oder Bodens. Die Bedeutung der chemischen Qua-

*) Dieses Verhalten beruht wohl auf Eigenthümlichkeiten in der Construction der Wurzeln, die nur für gewisse physikalische Qualitäten des Bodens eingerichtet zu sein scheinen.

litäten der Bodenarten steht für die Culturpflanzen in zweiter Linie;*) sie müssen, wenn die Pflanzen gedeihen sollen, überall, wenigstens hinsichtlich der Menge und Art der aufnehmbaren Nährstoffe, dieselben sein und können leicht dem Sandboden, wie dem Thonboden, verliehen werden. So kann hier nur von dem Wechsel solcher Pflanzen die Rede sein, die in den deutschen, nicht sehr abweichenden Klimaten, wenn man die höheren Gebirgslagen ausnimmt, auf denselben Bodenarten gedeihen. Eine jede der von uns im Eingange nach den vorherrschenden Aschenbestandtheilen unterschiedenen Pflanzengruppen enthält einzelne Pflanzen, die auf entgegengesetzten Bodenarten gedeihen, so zu sagen Parallelpflanzen, welche gestatten auf verschiedenen Bodenarten dieselbe Productionsrichtung zu verfolgen. Endlich sei bemerkt, dass wir nicht von Bodenarten von unbegrenzter Fruchtbarkeit reden, sondern nur von solchen, welche die in Deutschland gewöhnlichen Fruchtbarkeitsgrade besitzen und einer regelmässigen Düngung bedürfen. —

Wir werden nun im Folgenden die verschiedenen im Eingang aufgestellten Pflanzengruppen hinsichtlich der Ursachen ihres Gedeihens nach sich selbst und anderen Pflanzen zu besprechen versuchen, soweit dieses festzustehen scheint und nicht gelegentlich unserer allgemeinen Betrachtungen bereits geschehen ist. Wir werden dabei den technischen Momenten des Pflanzenwechsels Rechnung tragen, wenn diess unerlässlich erscheint. —

Den am seltensten zu wiederholenden und am wenigsten ausdehnbaren Anbau gestatten bekanntlich die tiefwurzeln- den mehrjährigen und perennirenden Kleearten, wie Roth-

*) In wenigen Fällen kommen in gewissen Lokalitäten einzelne seltenere chemische Bestandtheile in grösseren Mengen im Boden vor, welche in der freien Natur eine charakteristische Flora für solche Böden erzeugen.

klees, Luzerne Esparselte u. s. w. (Kalkpflanzen). Nach unserer früheren Auseinandersetzung können wir nicht daran zweifeln, dass die Ursache dieser Erscheinung in einer verhältnissmässig starken Ausbeutung, respective Erschöpfung der tieferen Schichten des Bodens beruht, welche für die Anwendung unserer gewöhnlichen Culturmittel zur Wiederherstellung der Fruchtbarkeit unzugänglich sind. Die seltenen Beispiele eines häufigeren längeren Anbaus des Klees auf ausnahmsweise fruchtbaren Böden ändern an der Allgemeinheit jener Thatsache auf der grossen Mehrzahl der Böden nichts und ebensowenig an der Richtigkeit der bezeichneten Ursachen. Der Einfluss der Kleearten auf den Boden ist, wie wir früher sahen, so allgemeiner, die Lebensbedingungen der Pflanzen fördernder Natur, dass sie den weitesten Spielraum in der Wahl der folgenden Pflanzen gestatten. Nach ihnen folgend gedeihen ohne Ausnahme die sämtlichen Pflanzen der übrigen Gruppen, welche wir unterschieden haben, insbesondere die flachwurzelnden Getreidearten, welche eine an stickstoffhaltiger organischer Substanz bereicherte, in Beziehung auf den Phosphorsäuregehalt geschonte Ackerkume, — ebenso die Gräser, welche zu Wiesenanlagen oder mehrjährigem Futterlande nebst den übrigen Bedingungen ihres Gedeihens hinreichenden Kaligehalt vorfinden. Sodann haben Hülsenfrüchte, Oelsaaten, Gespinnst- und Wurzelgewächse, Grünfutterpflanzen aller Art eine vortreffliche Stelle. Trotz der bedeutenden Gesamttaschenmenge, die die Kleearten entziehen, wird der Boden dennoch verhältnissmässig geschont, sofern dieselbe aus einem grossen Bodenvolum geholt ist, und durch die Zersetzung der organischen Rückstände bereichert und weiter aufgeschlossen. Am wenigsten gedeihen die Kleearten nach sich selbst, was am meisten vom Rothklee, weniger von Bastard- und Hopfenklee und selbst von der Luzerne, (dagegen nicht vom

Weissklee) gilt aus Gründen, die wir für Luzerne und Rothklee früher schon besprochen und für die Uebrigen wohl auf ähnlichen Ursachen beruhen mögen. Unter einander sind die verschiedenen Kleearten verträglich, so gedeiht z. B. Rothklee auf Bastardklee und Luzerne schon nach wenigen Jahren und umgekehrt. Für Rothklee dürfte es passender sein ihn auf Luzerne folgen zu lassen, als umgekehrt, weil er mehr Stickstoff zu seiner ersten Entwicklung verlangt, als letztere. Die Luzerne wurzelt nicht bloss tiefer, sondern zeigt auch in der Asche ein weit grösseres Verhältniss des Kalks zum Kali, als Rothklee, welcher beide Nährstoffe in gleichem Verhältniss enthält, was das Gedeihen der sonst so ähnlichen Pflanzen nach einander vielleicht erklären dürfte. Ebenso folgen Bastard- und Rothklee ganz sicher in kurzen Zwischenräumen auf einander. Die Bewurzelung des ersteren dürfte der geringeren Blatt- und Stengelentwicklung entsprechend geringer und seichter, als bei Rothklee sein und ähnlich, wie bei der Luzerne, tritt auch beim Bastardklee der Kalk in der Asche in grösserem Verhältniss auf, als bei Rothklee. Auch Weissklee und Hopfenklee, die beide verhältnissmässig flach wurzeln und verschiedene Nährstoffverhältnisse zeigen, sind mit den anderen Kleearten verträglich. Diese letzteren That- sachen sind desshalb so wichtig, weil sie eben durch Ab- wechslung der verschiedenen Kleearten mit einander, des Roth- Bastard- Hopfenklee, der Luzerne und Esparsette einen ausgedehnten Anbau zulassen und damit ein Mittel an die Hand geben, der Einschränkung des Kleebaus in Folge der Kleemüdigkeit zu begegnen. Aber auch als Gemengsaaten z. B. Roth- Bastard- und Hopfenklee, Luzerne und Espar- sette vertragen sie sich gerne; in diesem Falle haben wir es mit einer Abwechslung von Pflanzen nebeneinander, statt wie in der Fruchtfolge nacheinander zu thun. Die Meng- saat von Luzerne und Rothklee scheint weniger zweckmässig,

weil der Rothklee die Luzerne im ersten Jahre leicht unterdrückt und im zweiten dann Unkrautpflanzen ihre Stelle einnehmen; auch passen beide Pflanzen in ihre Mähreife nur im Wintergetreideklima zusammen, wogegen im Weinklima die Luzerne dem Rothklee zu sehr voraneilt. Die Gemenge der Kleearten und Gräser (englisches, italienisches und Thimothei-Gras) sind im Ganzen weniger productiv und haben keineswegs die günstige Wirkung auf die nachfolgende Winterfrucht, wie die Klee gemenge, namentlich dann nicht, wenn die Witterung die Gräser auf Kosten des Klees begünstigt. Im letzteren Falle zeigt die Winterfrucht einen entschiedenen Rückschlag, denn alsdann folgt eben Gras auf Gras. Damit sollen übrigens die sonstigen bekannten Vortheile der Klee gras gemenge keineswegs geläugnet sein. — Auffallend ist das gute Gedeihen der Kleearten, namentlich des Rothklee nach Hackfrüchten, besonders Rüben und Kartoffeln, welche doch viel grössere Mengen an Kali und Phosphorsäure dem Boden entziehen, als Rothklee und Luzerne und von denen namentlich die Rüben in dieselbe Wurzelregion gehen. Allein die Hackfrüchte gewähren den Kleearten die Gunst grosser Lockerung und Reinheit des Feldes; die volle Entwicklung der letzteren folgt nicht unmittelbar, sondern meist im zweiten und bei Luzerne gar erst nach mehreren Jahren nach der Hackfrucht, es können also leicht in dieser Zeit neue Mengen an Nährstoffen wieder löslich werden; zudem erhalten gewöhnlich die Hackfrüchte eine starke Stallmistdüngung, von der sie selbst und die dazwischenstehende Getreideart nur einen Theil und letztere hauptsächlich andere Nährstoffe wegnimmt, und endlich haben die Hackfrüchte doch eine wesentlich geringere Verbreitung ihrer Wurzeln. Man sollte denken, das Gedeihen des Klees wäre sicherer nach gedüngter Brache, welcher Winterfrucht folgt und man würde diese Folge jener nach Hackfrüchten

vorziehen; ohne Zweifel ist Ersteres, aber nicht Letzteres der Fall. Nach gedüngter Brache lässt man den Klee dann nur folgen, wenn der Boden für Hackfrüchte zu schwer und überhaupt die lieber umgangene Brache vielleicht sonst z. B. in rauherem Klima unentbehrlich ist. Nach gedüngten Hülsenfrüchten (mit folgender Wintersaat), welche weniger Kali und Kalk bedürfen, folgen wohl auch die Kleearten, allein man bringt sie desshalb nicht gerne, weil man die Reinheit und Lockerheit des Feldes, und häufig die Winterfrucht selbst unter ihrem Einflusse für nicht so gesichert hält. Das Gelingen der Kleesaat unmittelbar unter beschattenden und das Feld längere Zeit innehabenden Hülsenfrüchten ist zweifelhafter, als unter der lichtereren Getreidesaat, welche auf Brache oder Hackfrüchte zunächst folgt. Die Saat des Klees und der Luzerne kann, je nach Umständen, unter Sommerhalmfrüchten oder unter Wintergetreide den Vorzug verdienen, obgleich ihrer Natur nach zwischen Beiden kein wesentlicher Unterschied besteht. Die Sommerfrüchte haben den Vortheil, dass sie das Feld früh räumen, im Allgemeinen weniger dicht sich bestocken und desshalb niemals den Klee unterdrücken, ja es kommt nicht selten umgekehrt vor, dass in einzelnen Jahren der Klee die Ueberfrucht, besonders Gerste, überwächst; sie geben ferner dem Klee ein lockeres, frisch vorbereitetes Saatbett, welches für den Aufgang zwar günstig ist, aber der Saat eine oftmals zu geringe Menge von Winterfeuchtigkeit bietet. Das Gegentheil ist gerade bei den Winterfrüchten der Fall. Die Winterfrucht sichert durch ihre zu Gebot stehende grössere Winterfeuchtigkeit die Kleesaat in der Regel mehr, als die Sommerfrucht und gibt ihr gegen Trockenheit ausgiebigeren Schutz, wogegen sie manchmal an Festigkeit des Bodens und Krustenbildung leidet, wenn der Boden hiezu einige Neigung hat. Solche und

ähnliche Umstände sind oftmals entscheidend für das Gelingen der Folge einer Pflanze. Die Vortheile, welche eine Halmfrucht als Ueberfrucht für die Kleearten hat, gehen verloren, so wie nicht Brache oder Hackfrucht derselben vorgehen, sondern Halmfrüchte, deren Aufeinanderfolge die Reinheit des Feldes gefährdet. Es ist daher der Klee in der Dreifelderwirthschaft weniger gesichert was manche Bauern wohl empfinden, indem sie dem Klee im Herbst des Saatesjahres oftmals aus diesem Grunde eine halbe Düngung zukommen lassen.

Bemerkenswerth ist die Thatsache, dass der Rothklee auf Neubrüchen, namentlich sehr humosen Waldneubrüchen erst nach einer Reihe von Jahren gedeiht. Offenbar hat dieses merkwürdige Verhalten nicht bloß seinen Grund in der Gefahr des Ausfrierens auf so humosen Böden, sondern gewiss auch in der bei den Waldböden verhältnissmässig rohen Beschaffenheit der Akerkrume und des Untergrundes, die bei dem Mangel einer Bearbeitung des Waldbodens in dem geringen Luftzutritt zu demselben liegt. Seichter wurzelnde Kleearten, wie Weissklee und Hopfenklee, auch Gräser gedeihen bekanntlich gut auf Neulande. Neubrüche bieten überhaupt vielen Culturpflanzen trotz ihres angesammelten Reichthums an Nahrung im Anfange keine genügenden Mengen von löslichen Nährstoffen, daher so häufig die grosse Wirkung von Phosphaten, von Stalldünger, Pferch etc. Erst durch Bearbeitung und kräftige Erregung der Zersetzung wird der Vorrath aufgeschlossen.

In zweiter Linie hinsichtlich der Unverträglichkeit mit sich selbst stehen die seichter als Klee, aber tiefer als Getreide wurzelnden einjährigen Blattpflanzen, besonders die reifen Hülsenfrüchte. Wir haben sie als im Obergrunde wurzelnd bezeichnet. Mit den verwandten Kleearten verglichen entziehen sie dem Boden in einer mittleren Ernte von Körnern

und Stroh zwar ziemlich weniger Kali, Kalk und Phosphorsäure, jedoch aus einem kleineren Bodenvolum und in kürzerer Zeit. In der Regel folgen sie auf Halmfrüchte, welche am Schlusse einer Fruchtfolge oder Düngungsperiode den Boden an Stickstoff und Phosphorsäure angesprochen und erschöpft haben und erhalten desshalb eine Düngung zur Sicherung ihres Gedeihens. Man vermeidet jedoch gewöhnlich die frische Stallmistdüngung kurz vor der Saat, weil leicht ein relativer Ueberschuss von Stickstoffnahrung entsteht, welcher ein übermässiges Blühen mit mangelhaftem Körneransatz zur Folge hat. Am besten folgen ihnen die flachwurzeln- den Getreidearten, für welche sie namentlich hinreichend Stickstoff im Boden übrig lassen, den sie hauptsächlich in der Jugendperiode aus dem Boden, später aber durch ihre Blätter auch direct aus der Atmosphäre aufnehmen und in ihren Wurzelrückständen nicht unbedeutend vermehren. Ebenso scheint auch die hinterlassene Phosphorsäure den Halmfrüchten zu genügen. Es ist an und für sich gleichgültig, ob Winter- oder Sommergetreide auf sie folgt, denn Beide gedeihen gleich gut; doch räumt man in der Regel den werthvolleren Winterfrüchten zur Sicherung die gute Stellung ein, zumal man für Sommergetreide in den Hackfrüchten eine ebenso gute, den ersteren aber weniger taugende Folge besitzt. Unter den Hülsenfrüchten gehören die Bohnen den schwereren, die Erbsen den leichteren Bodenarten an, die ersteren an den Weizen, letztere an den Roggen sich anschliessend. Die Bohnen bilden gleichzeitig die Hackfrucht des schweren Bodens; weil sie frühe blühend, von unten an Schoten ansetzend eines weiteren Standes bedürfen, müssen sie in der Jugend behackt werden. Erst später kommen sie zu nicht sehr vollkommener Beschattung und Schliessung des Feldes. Da sie unter Anderem ein grösseres Bedürfniss an Aschenbestandtheilen überhaupt

und namentlich an den werthvolleren derselben haben, als die Erbsen, verlangen sie die von Natur reicheren, bindigen Bodenarten, während die Erbsen sich mit den ärmeren, sandigen Böden begnügen. Bohnen und Erbsen sind ächte Parallelpflanzen; in der Mitte zwischen Beiden stehen die Wicken.

Die Unverträglichkeit mit sich selbst zeigt sich bei den Hülsenfrüchten im Allgemeinen weniger häufig und intensiv, als bei den Kleearten und hauptsächlich nur bei den Erbsen und Lupinen, welche den ärmeren Bodenarten angehören. Bei Bohnen und Wicken hat man sie unseres Wissens nicht beobachtet. Sie wurzeln weniger tief als Rothklee und ihre Bodenschichte, der sie angehören, ist für die Düngung von der Ackerkrume aus zugänglicher. Vermuthlich dürfte, wie schon bemerkt wurde, die Funke'sche Untergrundsüngung hier von besonderer Wirkung sein. Grün gemäht ist die Unverträglichkeit mit sich selbst aus naheliegenden Gründen nicht zu fürchten. Alle Hülsenfrüchte wirken bodenverbessernd in derselben Richtung, wie der Klee, nur weniger intensiv, aber dafür schneller als er; sie lassen sich daher sehr gut gebrauchen, um die schwindenden Wirkungen des Rothklees in der Zwischenzeit unter Beihülfe einer Düngung aufzufrischen, bis dieser wiederkehren kann. — Dem Sande ausschliesslich gehört die gelbe Lupine an und spielt hier vollständig die Rolle des Klees; sie ist eine eigentliche Sandpflanze, denn in unseren, wie in den wärmeren Klimaten, wächst sie nur auf dem Sande und versagt auf jedem bindigeren Boden. Es scheint ihre Wurzel für die Ausbeutung des Sandbodens besonders beschaffen zu sein und diesen unter allen Umständen zu verlangen und es mag sein, dass sie durch den Tiefgang ihrer Wurzeln die Trockenheit der wärmeren Klimate überwindet. Die Schwierigkeit, auf dem nährstoffarmen Sande Pflanzen mit bedeutender Blattent-

wicklung und entsprechender Thätigkeit in Ausbeutung der Atmosphäre für die Vermehrung der organischen Substanz und des Stickstoffs anzubauen, vermag die Lupine in hohem Grade zu vermindern. Ihre tiefgehenden und weitverbreiteten Wurzeln sammeln die spärlichen Nährstoffe des Sandes aus weitem Umkreise zu verhältnissmässig grossen Quantitäten an; sie besitzt ein lebendiges Wachsthum und üppiges, aufnahmehätiges Blättersystem, womit dann in kurzer Zeit die Materialien für edlere Culturpflanzen gewonnen sind. Weniger ausgiebig und langsamer, doch in derselben Richtung den Sandboden verbessernd, wirken der Wundklee, Weissklee und die Seradelle; sie vegetiren länger, wurzeln seichter und bringen es zwar nicht zu der Fülle des Wachstums, wie die Lupine, sind aber nichts destoweniger für den Wechsel mit Lupinen auf Sandböden äusserst wichtig. Es ist leicht begreiflich, dass bei dem dem Rothklee analogen Tiefgange der so kurz vegetirenden Lupine auch die sogenannte Lupinenmüdigkeit aus ähnlichen Ursachen sich einstellt. Dieselben Mittel müssen auch hier Platz greifen: Abwechslung mit den eben genannten Kleearten, Mengesaaten mit Weissklee und Wundklee, Erbsen, Wicken, Buchweizen u. dgl. und dadurch seltenere Wiederkehr, die auch ohne besonderen Nachtheil stattfinden kann, wenn erst einmal der allgemeine Fruchtbarkeitsstand des Bodens durch im Anfange häufigeren Anbau gehoben und ein schonender Wechsel mit zahlreicheren Culturpflanzen möglich geworden ist. Nach der Lupine gedeihen alle anderen Sandpflanzen, so namentlich die Getreidearten des Sandes, Roggen und Hafer. Sie selbst stellt man am besten zu ihrer Sicherung, wie den Rothklee, nach Hackfrüchten in zweite oder dritte Düngung. Die reifen Lupinen gleichen den Erbsen in ihrem Verhalten vollständig. —

Ganz besonders tragen die grünen Blattpflanzen zur

Vermehrung und Verbesserung der Düngerproduction bei, indem sie den Boden schonen und grosse stickstoffreiche Quantitäten von Rauhfutter liefern. In reifem Zustande geben sie wiederum ein concentrirteres proteïn- und fettreicheres Körnerfutter, ja sogar das Stroh kommt dem Wiesenheu gleich oder übertrifft von Manchen (Linsen, Phaseolen) sogar dieses noch. —

Zu den Kalkpflanzen ist auch der Tabak zu zählen. Da der Tabak in unserem Klima stets verpflanzt werden muss, was beim sogenannten Piquiren sogar zweimal geschieht, geht die Pfahlwurzel verloren und weil sie sich nicht reproducirt, wird die Pflanze flacherwurzelnd und verlegt in der Hauptsache ihr Wurzelsystem in die Ackerkrume. Für die Erzeugung von grossen und zahlreichen Blättern, um die es sich hier handelt, wird in der Regel eine stärkere Düngung gegeben, von der aber der nachfolgenden, ausgezeichnet gedeihenden Winterfrucht ein grosser Theil der Nährstoffe im Boden zurückbleibt. Es scheint der Tabak für die erste Entwicklung auf dem Felde (bekanntlich zieht man die Pflänzlinge in sogenannten Gutschen) vom Bodenstickstoff nicht sehr viel zu bedürfen, wenigstens gedeiht er namentlich in feiner Qualität auf ziemlich humusarmen, wenn nur mineralstoffreichen, sogar ungedüngten Böden sehr gut; noch weniger entzieht er dem Boden an den übrigen Samenbestandtheilen. In unseren Klimaten düngt man mit Stalldünger hauptsächlich desshalb, weil man von vornherein auf ein feines Product verzichtet, dagegen durch grössere Quantitäten von Blättern und deren technische Qualifikation zu Deckblättern, die eben durch Düngung mit stickstoffreicher organischer Substanz am besten erreicht wird, sich zu entschädigen sucht. In den warmen Ländern werden die feinsten Tabake auf ausgetragenen Neubrüchen erzielt. Da die Hauptmasse

des Products in den Blättern veräussert wird, bleiben dem Boden nur der Stengel und die ziemlich zahlreichen, faserigen Wurzeln, welche einen Theil des Bodenstickstoffs wieder ersetzen. Sein Bedarf an Mineralstoffen besteht hauptsächlich in Kalk, Kali und wenig Phosphorsäure, woraus sich das vorzügliche Gedeihen der Winterfrucht erklärt, wenn man noch den günstigen Einfluss der Bearbeitung und Beschattung des Bodens hinzunimmt.

Die Kalipflanzen (Hackfrüchte, Wurzel- und Knollengewächse) nehmen bei dem erst spät in Dicke und Breite gehenden Wachsthum lange Zeit hindurch den von Anfang an zugewiesenen Raum nicht vollständig ein, und müssen daher der Verunkrautung und Verhärtung des Bodens wegen bis zu erfolgtem Schlusse behackt und theilweise auch behäufelt werden. Dadurch und dann bei der Ernte erfährt der Boden eine gute Bearbeitung und namentlich bei der Kartoffel eine tiefere Durchlockerung. Die eigentlichen Wurzelgewächse (Runkeln, Möhren, Turnips etc.) sind zweijährige Pflanzen, deren wirthschaftliche Vegetationsperiode aber, ausser wenn man Samen zieht, schon im ersten Jahre beendigt wird; man erntet daher die für die Samenbildung des zweiten Jahres in den Wurzeln angesammelten Vorräthe. Die Kartoffeln sind bei uns, wo sie nicht überwintern und von Neuem ausgelegt werden müssen, einjährige Pflanzen, die alle Jahre neue unterirdische, verdickte und verkürzte Stämme, Knollen bilden, bei denen die Samenbildung jährlich erfolgt, meistens aber sehr zurücktritt. Diese Kalipflanzen nun bedürfen zur Anlage und Entwicklung ihrer Blätter reichlich Stickstoff und Phosphorsäure und zur Bildung und Ansammlung von Kohlenhydraten (Stärke und Zucker) entsprechend grössere Mengen von Kali. Bei den rübenartigen Gewächsen ist die Wurzel eine tiefgehende Pfahlwurzel, namentlich nach unten zu von mässiger Ver-

zweigung, so dass reichliche Nährstoffe vorhanden sein müssen. Aus der bedeutenden Masseproduction, die grosse Mengen von Stickstoff, Phosphorsäure und Kali erfordert, aus dem Tiefgange der wenig verzweigten Wurzel, welche die unteren Bodenschichten bei der verhältnissmässig kurzen Vegetationsperiode sehr in Anspruch nimmt, lässt sich die Erschöpfung der letzteren bei ausgedehntem Anbau leicht begreifen, ganz unabhängig davon, dass auch besondere Zufälligkeiten, wie Krankheiten und thierische Feinde, welche sich bei wiederholtem Anbau vermehren, einer grösseren Häufigkeit des Anbaus sich nicht selten entgegen stellen. So ist die Rübe eine weitere Pflanze, bei welcher die Erscheinung einer sogenannten Müdigkeit beobachtet wird, die durch Düngung der Ackerkrume sofort nicht zu heben ist. Erst seit Einführung der Rübenzuckerfabrikation, als man anfieng den Zuckerrübenbau übermässig auszudehnen und die Saat an die Stelle der früheren Pflanzung zu setzen, hat sich übrigens die genannte Erscheinung gezeigt und zwar in so intensiver Weise hauptsächlich in Folge der stärkeren Ausbeutung des Bodens durch mehr als gewöhnliche, für die Erzielung einer zuckerreichen, schlanken birnförmigen Rübe unerlässliche Tiefbearbeitung. Bei dem gewöhnlichen Anbau der Futterrunkelrübe, der viel seltener erfolgt, wozu man den Boden nicht so tief bearbeitet und wo häufig noch die Pflanzung angewendet wird, ist unseres Wissens jene Erscheinung bis jetzt nicht beobachtet worden. Es wäre interessant, zu untersuchen ob bei verpflanzten Rüben, welche mit Einbusse der Pfahlwurzel Flachwurzler geworden sind, dieselbe Müdigkeit sich einstellt. Der Zuckerfabrikant liebt zwar verpflanzte Rüben nicht, weil sie eben jene unerlässliche Form für höheren Zuckergehalt nicht erhalten und in seitlichen Verzweigungen der Wurzel viele Abfälle ergeben, allein es ist leicht denkbar, dass die so ent-

stehenden Nachtheile aufgewogen werden könnten durch die Möglichkeit eines häufigeren Anbaus. Freilich wären dann immer noch die thierischen und pflanzlichen Feinde zu bekämpfen. Im Ganzen wirkt der Hackfruchtbau, besonders der Rüben, ziemlich erschöpfend auf den Boden, sowohl hinsichtlich der fixen Nährstoffe, als der organischen Substanz desselben, wogegen im Dünger ein erheblicher Gewinn an Stickstoff für die Wirthschaft, namentlich durch Rüben erzielt wird. — Bei den Kartoffeln trifft die Müdigkeit nicht zu. Sie wurzeln nicht so tief, haben zahlreichere und mehr faserige Wurzeln und überhaupt ein bedeutenderes, thätigeres Wurzelsystem. Es ist Thatsache, dass Kartoffeln an vielen Orten Jahr aus Jahr ein auf demselben Boden, freilich gedüngt, jedoch mit unvermindertem Erfolge angebaut werden. Doch fehlt es auch nicht an vereinzelter Beobachtung, dass selbst gedüngt, bei langjährigem Anbau die Knollen immer kleiner wurden und die Pflanze mehr in's Kraut wuchs. Auch der Umstand spricht für die grosse Aufnahmefähigkeit der Kartoffelwurzeln, dass sie in frischer Stallmistdüngung, auf noch ganz rohen Neubrüchen und in frisch umgebrochenen Grasnarben sehr gut gedeihen, was bei der weniger bewurzelten Rübe, die vielmehr ein sehr cultivirtes Land in Anspruch nimmt durchaus nicht der Fall ist. Aus den genannten Gründen eignet sich die Kartoffel gerade so vortrefflich zur Cultivirung urbar zu machenden Landes.

In der Regel werden die Wurzel- und Knollengewächse mit Düngung an die Spitze eines Umlaufs gesetzt, nachdem das Feld durch vorangegangene Halmfrüchte ausgetragen und einer Reinigung von Unkraut bedürftig geworden ist. Rüben und Kartoffeln sind Parallelpflanzen, jene auf den schwereren und Mittelböden (freilich nicht auf den schwersten), diese auf den leichteren. Die beste Kartoffel, das heisst die stärkmehltreichste wird auf dem Sandboden ge-

wonnen und spielt hier eine hervorragende Rolle. Obgleich sie nämlich in ihrem Stärkegehalt vorzugsweise ein stickstoffreiches Product liefert, ist doch auch die Proteinstoffmenge bei der absoluten Höhe der Erträge bedeutend. Unterwirft man die Kartoffel, da sie zu directer Verfütterung in grösserer Menge sich weniger eignet, der Alkoholgewinnung, so erhält man in der Schlempe ein sehr stickstoffreiches Nebenproduct, welches für die Ausnützung der reichlichen Stroherzeugnisse der Getreidearten des Sandes, des Hafers und Roggens vortrefflich geeignet ist und wesentlich zur Vermehrung des Stickstoffgehaltes im Sandboden beiträgt. Lupinen und Kartoffeln sind die ausgiebigsten Pflanzen für Stickstoffgewinnung auf Sandböden. Nach den Hackfrüchten gedeihen sowohl Kieselpflanzen (Getreidearten), als besonders Kalkpflanzen (Kleearten), die Beide zu ihrem Aufgang ein gelockertes und gereinigtes Land bedürfen. Hülsenfrüchte, namentlich Bohnen vermögen durch ihr ganzes Verhalten eine ähnliche Rolle und Stellung einzunehmen, wie die Kalipflanzen, wesshalb man sie niemals auf einander folgen lässt.

Zu den Kalipflanzen gehören noch die Oel- und Gespinnstpflanzen. Der Raps und Rübsen verlangen bekanntlich ein sehr gut gedüngtes und vorbereitetes Land, ohne übrigens dasselbe zu erschöpfen, denn die anspruchsvollen Wintergetreidearten, Roggen, Weizen, Gerste, sogar Mais als Stoppelfrucht gedeihen sehr gut nach ihnen. Der Raps hat keine sehr reichlichen, nicht wesentlich über den Bereich der gewöhnlichen Düngung und Bearbeitung gehenden Wurzeln, welche jedoch ein tieferes Bodenvolum, als die Getreidearten, etwa von dem Umfange der Hülsenfrüchte ausbeuten. Hiezu kommt, dass er im Winter und dann wieder in der Reife seine sämtlichen, beträchtlichen Blätter abwirft und neben starken Wurzeln

und Stoppeln dem Boden zurücklässt, endlich dass er den Boden sehr beschattet und in den späteren Stadien seiner Entwicklung jedenfalls den atmosphärischen Stickstoff reichlich ausbeutet, während er zur ersten Entwicklung des Bodenstickstoffes sehr bedarf. Der Raps gedeiht auf allen gut cultivirten Böden, so namentlich auch auf gut vorbereiteten Neubrüchen aller Art. Alle diese Umstände machen ihn zu einer äusserst werthvollen Culturpflanze, die durch ihr günstiges Verhalten gegen Andere, die alle nach ihm gedeihen, fast überall, und im Grossen auch in Rücksicht auf gute Arbeitsvertheilung, selbst unter extensiven Wirthschaftsverhältnissen mit Vorthail angebaut werden kann. — Der Hanf ist mit Erfolg nur auf sehr gut gedüngten und cultivirten Ländern anzubauen; man hat desshalb für ihn besondere, gartenmässig behandelte sogenannte Hanfländer, auf denen oftmals gar nicht abgewechselt, sondern alle Jahre ausschliesslich, oft lange Zeit mit gleichem Erfolge Hanf angebaut wird. Bei dem mässigen Tiefgange und der geringen Verbreitung seiner Wurzeln und der jährlichen Düngung erklärt sich dieses Verhalten. In der gewöhnlichen Fruchtfolge erscheint er überhaupt nicht und wird sonst nur noch bei ausserordentlicher Gelegenheit, wie auf fetten Neubrüchen, trockengelegten Weihern u. dgl. gebaut, weil er eben aussergewöhnliche Ansprüche an Boden und Düngung macht. — Der Lein wird gewöhnlich als ein Beispiel einer flach wurzelnden und doch den Boden müde machenden Pflanze angeführt. Allein er wurzelt tiefer, als man gewöhnlich glaubt. Die Belgier sagen, der Lein geht so tief in den Boden, als er hoch wird, also etwa 2—2½' tief; dabei ist seine Wurzelverzweigung eine sehr spärliche, ganz entsprechend seiner geringen Stengelverzweigung und den wenig zahlreichen Blättern. So fordert die Pflanze im Boden grosse Mengen löslicher Nährstoffe, was die kurze Vegeta-

tionsperiode in hohem Masse noch steigert. Trotzdem bringt man ihn häufig auf gewöhnlichen, guten Aeckern in zweiter oder dritter Düngung, weil man ohne Lager zu risquieren einen möglichst dichten Stand zu haben wünscht. Der Lein erschöpft den Boden namentlich, wenn er Samen trägt, in hohem Grade an Samenbestandtheilen und hinterlässt, da er gewöhnlich gerauft wird, an organischer Substanz fast Nichts im Boden. In solchem Falle gedeiht dann die Winterfrucht schlecht nach Lein und man begreift auch, wenn er unverträglich mit sich selbst wird und erst nach Jahren eine zweite Ernte gestattet. Wird dagegen der Lein ähnlich dem Hanfe behandelt und nur auf sehr gut gedüngten und cultivirten Ländern etwa in Abwechslung mit dem Hanfe, Kraut etc. angebaut, wie diess vielfach in Belgien und im Kleinen an vielen Orten auch in Deutschland geschieht, so ist er weder unverträglich mit sich selbst noch mit anderen Pflanzen. —

Den seither betrachteten Kalk- und Kalipflanzen, welche sämmtlich den Boden verschieden tief in seinen unteren Schichten ausbeuten, und theilweise in dem mehr oder weniger begründeten Rufe der Unverträglichkeit mit sich selbst stehen, befinden sich gegenüber die mehrjährigen und perennirenden Gräser und die einjährigen Getreidearten, die sogenannten Kieselpflanzen. Beide besitzen flachgehende Wurzeln, die nur bei den ersteren mit zahlreicheren Fasern versehen mehr in die Breite gehen, und ebenso zahlreicheren Stengelsprossen und Blattbüscheln mit grösserer Blattoberfläche entsprechen. Im Verhältniss dazu steht die längere Vegetationszeit und ohne Zweifel eine in der Aufnahme von Nährstoffen aus der Atmosphäre ausgiebigere Thätigkeit. Eine Voraussetzung des vollen Gedeihens, dass in der Rasennarbe ein hinlänglicher Humusvorrath aus den abgestorbenen Pflanzentheilen früherer

Generationen sich gebildet habe und hinlänglich fixe Nährstoffe gleichzeitig zu Gebote stehen. Die mehrjährigen und perennirenden Gräser in den Wiesen- und Weidenarben in einem Gemenge von zahlreichen Arten lebend, immer von Frischem sich erneuernd, sind von unbegrenzter Lebensdauer. Sowie das Klima feucht genug ist, werden sie in hohem Grade exclusiv, breiten sich in festgeschlossenen Rasen aus und dulden keine anderen von aussen eindringende Pflanzen. Nur da, wo es an Feuchtigkeit mangelt, entstehen, wenn einzelne Individuen absterben, Lücken, in welchen dann neben ihnen andere Pflanzen sich ansiedeln und sogar die Oberherrschaft erlangen können. Die einjährigen Getreidearten, welche keine so zahlreichen Wurzeln, noch eine so grosse Blattoberfläche besitzen, zudem viel kürzer vegetiren und Körner tragen, bedürfen verhältnissmässig grösserer Mengen von Stickstoff, Kali und Phosphorsäure in aufnehmbarer Form im Boden. Sie gedeihen daher nur bei einer entsprechenden Düngung, welche frühe genug erfolgen muss, um die Nährstoffe löslich und aufnehmbar werden zu lassen, oder auch in zweiter oder dritter Tracht nach solchen Pflanzen, die ihnen jene Nährstoffe in diesem Zustande reichlich hinterlassen. Sie sind ebenso wenig als die perennirenden Gräser unverträglich mit sich selbst, wenn, wie auf sehr fruchtbarem Boden, die nöthigen Nährstoffe sich von selbst wieder ergänzen, oder durch Düngung der Ackerkrume, um die es sich nur handelt, wiedergegeben werden. Es gibt Beispiele genug, dass in langen Reihen von Jahren Getreide auf demselben Boden angebaut wurde, wie z. B. Boussingault von den Anden Südamerikas anführt, wo er Getreidefelder sah, die seit zwei Jahrhunderten jährlich gute Ernten an Körnern lieferten. Da aber die Getreidearten einen gutgelockerten und unkrautfreien Boden verlangen, was sie, auf sich selbst

folgend, gerade am wenigsten erfüllen, so liegt hierin die Schwierigkeit, sie längere Zeit hindurch auf demselben Felde zum Anbau zu bringen. Aus unseren früheren Erörterungen erklärt sich leicht und einfach ihr Gedeihen nach reiner gedüngter Brache, nach gedüngten Hülsenfrüchten und Kleearten, nach Tabak etc. Alle diese sind Kalkpflanzen, die den Boden an organischer Substanz bereichern und nicht bloss andere Nährstoffe, als die Getreidearten in grösserer Menge dem Boden entnehmen, sondern auch sämmtlich mit einem Theil ihrer Wurzeln in tiefere Bodenschichten gehen. Nach den Einjährigen derselben genügt eine Bestellung von ein bis zwei Furchen vollständig während nach mehrjährigen und perennirenden Futterpflanzen, wie Luzerne, Esparsette und Kleeegrassaaten mehrmaliges Pflügen oder gar eine halbe Brache nothwendig wird, um den fest gewordenen und mit vielen Wurzeln durchwachsenen Boden in genügende Cultur zu versetzen. Ebenso gutes Gedeihen zeigen die Getreidearten aus früher angeführten Gründen nach den Oelsaaten. — Nach Hackfrüchten (Kalipflanzen) gedeihen die Getreidearten, wie es scheint, etwas weniger gut, jedenfalls aber Sommerfrüchte in der Regel besser, als Winterfrüchte. Die letztere Erfahrung ist eine so häufige, dass diese Stellung in den meisten Fruchtfolgen gewählt ist. Der Hauptgrund liegt wohl darin, dass in den meisten deutschen Klimaten (Wintergetreideklima) die Wintersaat in Folge später Räumung des Feldes durch Hackfrüchte eine Verspätung erfährt, die man vermeidet. Es ist daher auch die Folge der Winterfrüchte nach Hackfrüchten in den Weinklimaten weniger verpönt, ja an vielen Orten an der Tagesordnung. Ferner mag auch der Umstand für die Sommerfrucht entscheiden, dass sie ein besser gelockertes und hergerichtetes Land erfordert und in dieser Stellung findet; für die Wintersaat ist aber be-

sonders auf leichteren Bodenarten, eine so grosse Lockerung des Landes, wie sie Hackfrüchte hinterlassen, nicht erwünscht. —

Unter den Getreidearten selbst bestehen erhebliche Verschiedenheiten. Vor Allem gelten die Sommerfrüchte für anspruchsvoller an Boden und Bestellung, als die gleichnamigen Winterfrüchte, was in ihrer kürzeren Vegetationsperiode und geringeren Bewurzelung eine gute Erklärung findet. Wenn man gleichwohl die Winterfrüchte in bessere Stellungen bringt, wie diess z. B. in der Dreifelderwirthschaft der Fall ist, geschieht es wegen der Höher-schätzung der Winterfrucht als Brodgetreide. In den Fruchtwechseln gibt man Beiden die bestmögliche Stellung; ist man aber vorübergehend zu einer Abweichung hievon gezwungen, so lässt man aus demselben Grunde, wie der Dreifelderwirth, lieber z. B. Sommerweizen oder Gerste auf Winterweizen, als umgekehrt, folgen. Am anspruchsvollsten unter den gewöhnlichen Getreidearten gilt die Sommergerste, die auch die beste Qualität von Boden verlangt; am anspruchslosesten ist der Hafer, den man nicht selten auf Klee- und Luzerneumbrüchen sogar der Winterfrucht voran-gehen lässt. Roggen und Weizen sind Parallelpflanzen auf leichten und schweren Böden; der Hafer geht auf allen Bodenarten, die Gerste auf den Mittelböden. Den fruchtbarsten Boden und die stärkste Düngung verlangt die edelste Getreideart des Weinklimas, der Mais; nach ihm folgt Weizen oder Gerste nur bei stärkerer Düngung oder auf Böden von ungewöhnlicher Fruchtbarkeit, wie man sie z. B. in den Ebenen Ungarns und an der unteren Donau findet. —

Man sieht aus unseren Betrachtungen, dass der Wechsel mit Pflanzen an und für sich kein physisches Gebot ist, wohl aber ein wichtiges Hülfsmittel der landwirthschaftlichen Cultur. In der freien Natur, wo kein Eingriff des Menschen die Bedingungen des Wachstums vermindert, wo der Boden unverringert in seinen Nahrungsbestandtheilen und Eigenschaften derselbe bleibt, beobachtet man einen Wechsel der Pflanzen von der Art des landwirthschaftlichen Pflanzenwechsels nicht. Wenn aber oftmals in der Natur eine Pflanze an die Stelle einer anderen tritt, so geschieht diess nicht in Folge der durch die abtretende Pflanze selbst verminderten Lebensbedingungen, sondern vielmehr in Folge des freien Kampfes um's Dasein der Pflanzen unter einander, in welchem immer das Recht des Stärkeren gilt. In der freien Natur erschöpft keine Pflanze den Boden, keine vermindert die Elemente ihres Wachstums, aber die Einen Pflanzen sind lebenskräftiger und energischer in der Aneignung der dargebotenen Lebensbedingungen und nehmen desshalb die Stelle Anderer von geringerer Lebensenergie ein, deren Lebenselemente sie vermindert und sich selbst angeeignet haben. Bei den perennirenden Pflanzen der freien Natur hat es den Anschein, als ob doch eine Verminderung der Lebensbedingungen in Folge des Wachstums der Pflanzen selbst eintreten könnte, indem die den tieferen Bodenschichten entzogenen Nährstoffe zwar wieder an die Oberfläche des Bodens, aber nicht mehr zurück in die Tiefen zu gelangen scheinen, aus denen sie genommen sind. Man könnte glauben, dass hier dieselbe Erscheinung der Müdigkeit eintreten müsste, wie in der landwirthschaftlichen Cultur, welche gleichfalls die entzogenen Nährstoffe nicht in die Tiefe zurückgibt. Offenbar ist diese Vorstellung nicht richtig. Einmal bleibt vor Allem die Summe der Nährstoffe in dem ausgebeuteten Bodenvolum in Folge der vollständigen Zurück-

gabe unvermindert, ja sogar die der löslichen Nährstoffe wird von Jahr zu Jahr grösser, so dass von einer Verminderung der Lebensbedingungen im Ganzen nicht die Rede ist, vielmehr von einer Vermehrung. Sodann ist überhaupt die Menge der aus so tiefen Schichten genommenen Nährstoffe klein, weil die dahin gehenden Wurzelfasern wenige sind und ein verhältnissmässig sehr grosses Volum ausbeuten; der natürliche Vorrath könnte also jedenfalls lange Zeit ausreichen und mit verhältnissmässig wenig seiner Menge nach ergänzt werden. Endlich handelt es sich bei den mehr- und vieljährigen Pflanzen um lange Wachstumsperioden, in welchen eine Generation der andern folgt und die Production Zeit hat sich nach den vorhandenen Lebensbedingungen einzurichten. Viele Holzarten haben eine Lebensdauer von mehr als hundert Jahren, welche mindestens verfliessen, bis die nächste Generation in dieselbe Tiefe gelangt, wie die vorhergehenden. In diesen langen Zeiträumen wird aber der an sich kleine Betrag von Nährstoffen, welcher mit dem abziehenden Wasser wieder in die Tiefe gelangt, erheblich genug sein, um die entzogenen Nährstoffe wieder zu ersetzen. In dem Verhältniss, als die oberen Bodenschichten mit angehäuften Nährstoffen sich sättigen, dringen gehaltreichere Lösungen in die Tiefe und bahnt sich ein allmählicher Ausgleich zwischen oben und unten an, wenn nur immer die entzogenen Nährstoffe unvermindert der Bodenoberfläche wieder zufallen. So gestaltet sich, je länger die Zeiträume werden, das Verhältniss der Erschöpfung in der Natur, wie in der landwirthschaftlichen Cultur, immer weniger ungünstig, wie wir auch früher sahen, dass die Erschöpfung des Bodens durch Rothklee und Rüben weit bedenklicher ist, als durch Luzerne und Hopfen. Das Heilmittel liegt hier lediglich in der Länge der Zeit. Es ist auch davon nichts bekannt, dass an die Stelle einer Holzart z. B. jemals eine andere treten musste, weil

die Tiefen des Bodens erschöpft worden wären, wohl aber ist diess an vielen Orten nöthig geworden durch Hingewnahme von Laub- und Nadelstreu aus den Waldungen, also durch Verminderung der Lebensbedingungen in der Beraubung der oberen Bodenschichten.

In der landwirthschaftlichen Cultur gestaltet sich das Verhältniss der Production nicht schwieriger, wenn auch der Boden mit künstlichen Hülfsmitteln in kürzerer Zeit und in höherem Masse ausgebeutet wird. Es kommt hier gleichfalls daraufan, die verminderten Lebensbedingungen der Production im Boden vollständig und rechtzeitig wiederherzustellen. Die Schwierigkeiten, welche der Ausführung dieser Wiederherstellung in physischer Hinsicht entgegenstehen, beziehen sich lediglich auf den Wiederersatz der den tieferen Bodenschichten entzogenen Nährstoffe. Zu den mechanischen Mitteln, welche wir in der tieferen Bearbeitung des Bodens und der Tiefdüngung besitzen, um durch Beförderung des Wasserabzugs in die Tiefe und Abkürzung des Weges in dieselbe die Lösung dieser Aufgabe zu erleichtern, gesellt sich als mächtiger Bundesgenosse der Pflanzenwechsel hinzu, der durch Verlängerung der Zeiträume der Wiederkehr derselben Pflanze die Zeit erübrigt, welche erforderlich ist, damit die in den abziehenden Wassern gelösten Nährstoffe auf natürlichem Wege den Wiederersatz in der Tiefe des Bodens besorgen. —

Die Vortheile des Pflanzenwechsels lassen sich nun in wenige Worte zusammenfassen: der Pflanzenwechsel, richtig angeordnet und unterstützt durch die Hülfsmittel, welche der landwirthschaftlichen Cultur zu Gebot stehen, gestattet in erster Linie durch eine bestimmte Reihenfolge des Anbaus der verschiedenen Culturpflanzen, welche den Boden nach absolut und relativ verschiedenen Nährstoffmengen in den einzelnen Schichten ausbeuten, zu einer

gleichmässigeren und vollständigeren Ausnützung der Nährstoffe des Bodens in einem Zeitraum zu gelangen und in entsprechendem, höherem Verhältniss die atmosphärischen Nährstoffe der Luft zur Production heranzuziehen, sowie die physikalischen Eigenschaften und die organische Substanz des Bodens zu reguliren, — in zweiter Linie aber ermöglicht er in der Ausdehnung der Zwischenräume der Wiederkehr derselben Pflanzen ohne Unterbrechung der Production die erforderliche Zeit zu gewinnen, nicht nur für die Lösung gebundener Nährstoffe des Bodenvorraths, sondern auch für die gleichmässige Verbreitung der löslichen Substanzen des Bodens und Düngers, um den Wiederersatz in allen Schichten des Bodens, namentlich den der Bearbeitung und Düngung unzugänglichen, rechtzeitig für die wiederkehrenden Pflanzen auf natürlichem Wege zu erreichen. Der Gesamteffect dieser Wirkungen besteht in einer mit den vorhandenen Mitteln bewirkten höheren Production in der Zeit, als ohne dieses Hülfsmittel möglich wäre.

Vossler, O.

Der landwirthschaftliche Pflanzenwechsel nach seinen physischen
Grundlagen erörtert vom practisch-wissenschaftlichen Standpuncte aus Ein
Programm zur 55. Jahresfeier der k. Württ. land- und
forstwirthschaftlichen Academie Hohenheim

Stuttgart 1873

Oecon. 1821 n

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11162174-1